

**Caracterización de la comunidad fitoplanctónica en áreas oceánicas del Caribe
Colombiano durante la época seca del año 2011 (Febrero y Marzo)**

Jhon Carlos Salon Barros

**Universidad del Magdalena
Facultad de Ciencias Básicas
Programa de Biología
Santa Marta D.T.C.H.
2013**

Caracterización de la comunidad fitoplanctónica en áreas oceánicas del Caribe Colombiano durante la época seca del año 2011 (Febrero y Marzo)

Jhon Carlos Salon Barros

Trabajo de grado sometido en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de Biólogo en la Universidad del Magdalena

Director:

**Mary Luz Cañón Páez
M. Sc. Oceanografía**

Asesor:

**Liseth Arregocés Silva
M. Sc. (C) Manejo Integrado Costero**

**Universidad del Magdalena
Facultad de Ciencias Básicas
Programa de Biología
Santa Marta D.T.C.H.
2013**

Nota de Aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma de Jurado

Firma de Jurado

Santa Marta, Octubre del 2013.

Dedicatoria

Le dedico éste documento primero a *Dios* quien me ha acompañado en cada segundo de mi vida, dándome sabiduría y entendimiento principalmente en los momentos difíciles. A mi *madre*, quien ha forjado en mí valores centrados en el amor de familia; a mi *padre* que lamentablemente no se encuentra con nosotros, sé que estarías orgulloso de los hijos que le dejaste a ésta sociedad. A mis hermanos *Rafael* y *Lesly* quienes con su ayuda incondicional en todo momento, son los principales promotores de éste logro; y a mi hija *Samantha* que trae alegría a mi ser cada vez que la veo. A todos ellos gracias por hacer de mí mejor persona.

Agradecimientos

Quisiera agradecer a mi directora *Mary Luz Cañon* quien me abrió las puertas del CIOH y me permitió participar en el “Crucero 2011/1”, además de sus múltiples enseñanzas en el ámbito profesional. Asimismo agradezco a mi asesora *Johana Arregoces* quien colaboró mucho en la revisión del documento incluso después de los difíciles y extenuantes muestreos del proyecto “Antares”.

A la familia *Fernández Guzmán* por recibirme en su casa en Cartagena y en especial a mi primo y amigo *Manuel Fernández* quien desgraciadamente ya no está con nosotros, pero me dejó la enseñanza de seguir adelante, así el obstáculo sea más grande que nuestra voluntad...Gracias primo.

De igual manera agradezco a la Dirección General Marítima y su Centro de Investigaciones -CIOH por el apoyo brindado.

Contenido.

Página.

Resumen.	8
Abstract.....	9
1. Introducción.....	10
2. Estado de Desarrollo o Antecedentes	11
3. Marco teórico conceptual.....	14
3.1. Generalidades del fitoplancton.....	14
3.2. Variación horizontal.	15
3.3. Variación con la profundidad.....	16
4. Objetivos.....	18
4.1. Objetivo General.....	18
4.2. Objetivos Específicos.	18
5. Hipótesis.....	18
6. Diseño metodológico.....	19
6.1. Área de estudio.....	19
6.2. Procedimientos de toma de muestra.	20
6.3. Preparación y Observación de las Muestras.	20
6.4. Análisis de datos.....	21
6.4.1. Descripción de la comunidad.....	21
6.4.2. Atributos de la comunidad.	22
6.4.3. Variación horizontal en la comunidad fitoplanctónica.	22
7. Resultados.....	24
7.1. Distribución vertical de la comunidad.....	24
7.1.1. Riqueza.	24
7.1.2. Abundancia.	25
7.1.3. Comparación entre profundidades.	28
7.2. Distribución horizontal de la comunidad.	28
7.2.1. Riqueza.	31
7.2.2. Atributos de la comunidad.	32
7.2.3. Abundancia.	33
7.2.4. Análisis de distribución horizontal de la comunidad.....	35

8. Discusión.	38
9. Conclusiones.	46
10. Recomendaciones.....	47
11. Bibliografía.....	48
12. Anexos.....	55

Listado de Figuras.

	Página.
Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de las estaciones del Crucero Caribe 2011-1.	19
Figura 2. Distribución de la riqueza porcentual por grupos a diferentes profundidades....	24
Figura 3. Abundancia celular porcentual fitoplanctónica a diferentes profundidades.....	25
Figura 4. Especies más abundantes en 5 m de profundidad en la época seca del año 2011 en el Caribe Colombiano.....	26
Figura 5. Especies más abundantes en 20 m de profundidad en la época seca del año 2011 en el Caribe Colombiano.....	26
Figura 6. Especies más abundantes en 50 m de profundidad en la época seca del año 2011 en el Caribe Colombiano.....	27
Figura 7. Especies más abundantes en 100 m de profundidad en la época seca del año 2011 en el Caribe Colombiano.....	27
Figura 8. Análisis Clúster con datos de abundancia del fitoplancton empleando el índice de correlación Pearson en 5, 20, 50 y 100 m de profundidad.....	29
Figura 9. Número de taxa identificados por grupo taxonómico en cada estación a 5 m de profundidad.....	31
Figura 10. Número de taxa identificados por grupo taxonómico en cada estación a 20 m de profundidad.....	32
Figura 11. Abundancia porcentual de grupos fitoplanctónicos identificados en las estaciones de muestreo a 5 m.	34
Figura 12. Abundancia porcentual de grupos fitoplanctónicos identificados en las estaciones de muestreo a 20 m de profundidad.....	35

Figura 13. Dendrograma entre las estaciones de muestreo con base en datos de abundancia de especies a 5 m de profundidad.....	36
Figura 14. Dendrograma entre estaciones de muestreo con base a los datos de abundancia de especies a 20 m de profundidad.....	37

Listado de Tablas

	Página
Tabla 1. Prueba t-student en muestras independientes a diferentes profundidades.....	28
Tabla 2. Datos de la ubicación geográfica y valores de los índices de diversidad calculados para cada estación de muestreo.....	30
Tabla 3. Cuadro resumen de publicaciones y resultados realizados en comunidades fitoplanctónica del Caribe colombiano.....	39

Anexos.

	Página.
Anexo 1. Láminas de especies encontradas en el presente estudio.....	56
Anexo 2. Descripción de las estaciones marino-costera del Crucero Caribe 2011-1.....	57
Anexo 3. Curvas de acumulación de especies en las estaciones a 5 m de profundidad.....	58
Anexo 4. Lista de taxa fitoplanctónicos identificados en las estaciones de muestreo indicando densidad celular Cel/L.....	65

Resumen.

El presente trabajo, tuvo como objetivo caracterizar la comunidad fitoplanctónica en áreas oceánicas del Caribe colombiano en la época seca del año 2011 (Febrero-Marzo), aportando información sobre su distribución espacial.

Durante los meses de febrero y marzo del 2011, a bordo del Buque Oceanográfico A.R.C. "Providencia", fueron tomadas 60 muestras de 19 estaciones ubicadas en el Caribe colombiano. Estas fueron tomadas con botellas Niskin a 5, 20, 50, 100 y 300 metros de profundidad. Posteriormente, fueron filtrados 3 litros de agua marina de cada muestra y se almacenaron en botellas opacas fijadas con formalina al 4%. Luego las muestras fueron concentradas hasta volumen de 25 mL para su posterior observación bajo microscopio en placas Sedgwick Rafter.

Se identificaron 65 taxa en total, de los cuales 33 eran diatomeas centrales, 19 dinoflagelados, nueve diatomeas pennadas, dos cianobacterias, un silicoflagelado y un euglenófito. Las diatomeas centrales fue el grupo con mayor abundancia y riqueza de taxa en las aguas oceánicas. En las estaciones evaluadas, los índices de diversidad Margalef, Shannon-Wiener y Simpson indicaron, que la diversidad fue muy baja, lo que va en congruencia con el número de taxa registrados, el cual fue considerablemente menor respecto a trabajos realizados en las zonas costeras y algunos en áreas oceánicas en el Gran Caribe y Caribe colombiano.

En la columna de agua en áreas oceánicas, a 5 m de profundidad fueron encontrados 55 taxa fitoplanctónicos, en 20 m 47 taxa, en 50 m 25 taxa, en 100 m fueron encontrados 7 taxa y en 300 m no fue registrado ningún taxón. Asimismo fue establecido que las aguas superficiales, albergan mayor densidad y riqueza de microfitoplancton que los estratos profundos.

El mayor registro de abundancia (7983 Cel/L) fue hallado en la zona de influencia del Río Magdalena. La menor abundancia fue encontrada en la zona nororiental (La Guajira), con 67 Cel/L. Las diatomeas centrales presentaron la mayor abundancia porcentual en 15 de las 19 estaciones evaluadas respecto a otros grupos, con dominancia en la zona nororiental y disminución en la zona suroccidental del Caribe colombiano.

El análisis horizontal de la comunidad fitoplanctónica a 5 m formó cuatro grupos, los cuales se pueden delimitar como zona nororiental (Grupo I), zonas de influencia de Ríos Ranchería y Magdalena (Grupo II), zona suroccidental (Grupo III) y Golfo de Urabá (Grupo IV). No obstante, los resultados a 20 m de profundidad no mostraron correspondencia como se observó a 5 m.

Abstract

The present study aimed to characterize the phytoplankton community in the Colombian Caribbean ocean areas in the dry season of 2011 (February-March), providing information about their spatial distribution. Also complement previous studies for this area at other times of year.

During the months of February and March 2011, on board in the oceanographic ship ARC "Providencia", 60 samples were taken from 19 stations located in the Colombian Caribbean. These were taken with Niskin bottles at 5, 20, 50, 100 and 300 meters deep. Subsequently, 3 liters of filtered seawater for each sample and stored in opaque bottles fixed with 4% formalin. Then the samples were concentrated to 25 mL volume for further observation under microscope in Sedgwick Rafter plates.

65 taxa were identified in total, of which 33 were centric diatoms, 19 dinoflagellates, nine pennate diatoms, two cyanobacteria, one silicoflagellate and euglenophyta. The centric diatoms were the group with the highest abundance and richness of taxa in the Colombian Caribbean ocean waters. At stations evaluated, Margalef diversity indices, Shannon-Wiener and Simpson indicated that diversity was very low, which is consistent with the number of taxa recorded, which was significantly lower compared to work in coastal areas and ocean in the wider Caribbean and Colombian Caribbean.

In the water column Colombian Caribbean oceanic areas, 5 m deep phytoplankton found 55 taxa in 20 m 47 taxa, 25 taxa in 50 m, 100 m were found in seven taxa and 300 m was not recorded any taxon. It also found that the surface water contain a greater density and richness than microphytoplankton that waters deepest.

The greatest abundance record (7983 Cel/L) was found in the zone of influence of the Magdalena River. The lowest abundance was found in the northeastern Colombian Caribbean (La Guajira) with 67 Cel / L. The centric diatoms showed the highest percent abundance in 15 of the 19 stations evaluated for other groups, with dominance in the northeastern and decrease in the southwestern Colombian Caribbean.

Horizontal analysis of the phytoplankton community to 5 m formed four groups, which can be mapped as northeastern (Group I), zones of influence Rancheria and Magdalena Rivers (Group II), southwestern (Group III) and Gulf of Urabá (Group IV). However, the results at 20 m depth showed no correspondence as observed at 5 m.

1. Introducción.

El estudio de las comunidades fitoplanctónicas a escalas regionales ha tomado importancia en la evaluación de los ecosistemas marinos, siendo un punto de partida fundamental la identificación de las especies y sus patrones de distribución espacial (Mann, 2006; Rost *et al.*, 2008); el conocimiento de estas comunidades resulta en herramientas útiles con miras a la observación de cambios en las condiciones ambientales, pudiendo generar información relevante para el manejo de áreas marinas afectadas por eventos como cambio climático, floraciones algales nocivas, eutrofización, especies invasoras, entre otros. Sin embargo, en el Caribe colombiano los estudios de fitoplancton se han enfocado a zonas costeras, principalmente en la Bahía de Cartagena, Bahía de Santa Marta, norte de La Guajira, San Andrés y PNN Tayrona. Actualmente son pocos los estudios que cobijan áreas oceánicas como los de Téllez *et al.* (1998) y Lozano-Duque *et al.* (2010a).

De igual forma, la mayoría de trabajos han sido direccionados a determinar la composición y abundancia en escalas espaciales reducidas (Caicedo, 1975; Carbonell, 1979; Vidal-Velásquez, 1995; Duarte, 1996; Téllez *et al.*, 1998; Vidal *et al.*, 2001; De La Hoz-Aristizábal, 2004; Ramos, 2005; Vázquez, 2006; Torres-Sierra, 2007; Zambrano, 2008; Osorio-Cardozo, 2010; Ramírez-Barón *et al.*, 2010). No obstante, solo un estudio se ha realizado a escala regional en el cual se describe la comunidad fitoplanctónica oceánica del Caribe Colombiano (Lozano-Duque *et al.*, 2010a), sin embargo ninguno contempla la distribución vertical de la comunidad.

En éste orden de ideas, se hace necesario implementar estudios direccionados al conocimiento no solo de la abundancia y composición del fitoplancton, sino también de su distribución espacial. Es así, cómo la búsqueda de respuestas a las preguntas: ¿Cuál es la composición y abundancia del fitoplancton en áreas oceánicas?, ¿Existen diferencias espaciales en la composición y abundancia del fitoplancton en el período seco?, y ¿La abundancia y riqueza del fitoplancton varía con la profundidad?, permitieron el aporte del presente estudio al conocimiento del fitoplancton en áreas oceánicas del Caribe colombiano en época seca.

El presente trabajo, enmarcado en el proyecto “Crucero Oceanográfico 2011/1” ejecutado por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe –CIOH, se justificó en la necesidad de aportar información sobre fitoplancton en aguas marino-costera del Caribe colombiano. Asimismo, se desarrolló bajo el concepto de biodiversidad costera y marina como patrimonio de la nación y su valor estratégico para el desarrollo presente y futuro, su conservación y uso sostenible.

2. Estado de Desarrollo o Antecedentes

En el Caribe colombiano los aportes más significantes en el conocimiento de la comunidad fitoplanctónica corresponden a estudios sobre la caracterización de la comunidad, principalmente a escalas locales en áreas del Norte de La Guajira, Santa Marta (PNN Tayrona, Bahía de Gaira y Santa Marta), Bahía de Cartagena, Bahía de Cispatá y San Andrés.

Duarte (1996), describió las comunidades fitoplanctónicas ubicadas en el sector noroeste de La Guajira en el mes de agosto de 1996. Se identificaron 69 especies pertenecientes a los grupos Cyanophyta, Bacillariophyta y Pyrrophyta; Bacillariophyta fue el grupo con mayor abundancia y riqueza constituyendo el 65,71% del total, lo que indica la predominancia de las diatomeas en aguas turbulentas y ricas en nutrientes.

En Santa Marta, Caicedo (1975) describió el fitoplancton en la Bahía de Neguanje (PNN Tayrona) durante los meses de enero a octubre de 1975; se identificaron 74 especies entre diatomeas, dinoflagelados y cianobacterias, siendo *Skeletonema*, *Chaetoceros* y *Bacteriastrium* los géneros más abundantes. Igualmente el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR describió la comunidad fitoplanctónica de la Bahía de Santa Marta en el año 1983, reportando 50 especies de diatomeas y 19 dinoflagelados. *Skeletonema costatum* y *Asterionella glacialis* fueron las más abundantes y aparecieron en mayor concentración a 10 m de profundidad.

Ramos (2005), determinó la composición, abundancia y biomasa de la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de Santa Marta entre los meses de agosto de 2004 a marzo de 2005. Se identificaron 388 especies; el género *Chaetoceros* aportó 21 especies, *Nitzschia* 23 especies; *Ceratium* y *Protoperdinium* registraron 37 y 40 especies respectivamente. De la misma manera, Torres-Sierra (2007) describió la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de Gaira entre julio y septiembre del 2006; 100 especies en total fueron registradas las cuales 75 fueron diatomeas, 21 dinoflagelados y 3 clorófitas; las especies más comunes fueron *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzchoides* y *Chaetoceros distans*.

Por su parte, Ramírez-Barón *et al.* (2010) evaluaron atributos estructurales de la comunidad fitoplanctónica en las ensenadas de Granate, Gaira y Bahía de Taganga, con el fin de establecer su respuesta a cambios en la dinámica oceanográfica, modulada por pulsos de surgencia y no surgencia en la zona costera del departamento del Magdalena, en el período comprendido entre febrero-junio de 2008. Se identificaron en total 51 géneros distribuidos en 29 familias, correspondiendo el 86.19% a diatomeas céntricas, el 16.68% a diatomeas pennadas, el 4.57% a cianobacterias y cerca del 0.55% a dinoflagelados, flagelados y clorófitos. Los géneros con mayor abundancia fueron *Chaetoceros* (colonial) y *Skeletonema* (colonial) alcanzando una abundancia relativa de 47% y 60.93 %, respectivamente, con densidades superiores a 2000 Cel/L.

En la Bahía de Cartagena, Carbonell (1979) describió la comunidad del género *Ceratium*; identificando 20 especies, en donde las más representativas fueron *C. trichoceros*, *C. furca*, *C. hircus*, *C. fusus* y *C. tripos* durante el período comprendido entre noviembre de 1975 y octubre de 1976. También, Osorio-Cardozo (2010) estableció variaciones espacio-temporales de la comunidad fitoplanctónica, se identificaron 198 especies siendo las diatomeas las más abundantes; la mayor abundancia de fitoplancton se presentó en la época seca así como la mayor diversidad. Se encontraron diferencias de composición y abundancia en las épocas de muestreo como en los estratos de profundidad.

En Islas del Rosario y alrededores, Vidal (1981) registró 74 especies de diatomeas pennadas, y 49 dinoflagelados fueron listados para esta zona durante los meses de noviembre de 1977 a junio de 1978.

En la Bahía de Cispatá, Vázquez (2006) estimó la dinámica estructural del fitoplancton, allí encontró un total de 620 especies perteneciente a los grupos Bacillariophyta (353 especies), Chlorophyta (105 spp.), Pyrrophyta (49 spp.), Euglenophyta (47 spp.), Cyanophyta (41 spp.). Se estableció la existencia de diferencia espacial y temporal de la comunidad asociada al gradiente de salinidad, la transparencia del agua y las variaciones en la concentración de nutrientes. Asimismo, Zambrano (2008) determinó diferencias espaciales y temporales en la estructura de la comunidad fitoplanctónica de la bahía de Cispatá en el periodo de agosto a diciembre de 2005, las diatomeas fue el grupo más abundante, de las cuales el 27,1% fueron pennadas y el 19,6% centrales.

Téllez *et al.* (1998) describieron la estructura de la comunidad fitoplanctónica en aguas oceánicas del Archipiélago de San Andrés y Providencia en el mes de junio de 1983, en donde se destaca la importancia de las cianobacterias fijadoras de nitrógeno y gran variedad de formas de dinoflagelados y diatomeas. De la misma forma, Campos-González (2007) determinó la distribución del fitoplancton en aguas adyacentes a Providencia y Santa Catalina durante el período seco de 2005. Allí se encontró que la mayor cantidad de individuos perteneció a la familia *Oscillatoriaceae* que dominaron gracias a sus adaptaciones.

A diferencia de otros estudios realizados en el Caribe colombiano, Lozano-Duque *et al.* (2010a) realizaron una caracterización espacial de la comunidad fitoplanctónica oceánica teniendo como área de estudio el Caribe colombiano en los meses de mayo y junio de 2008. Se identificaron 198 especies: 53 pertenecen a diatomeas céntricas, 24 a diatomeas pennadas, 116 a dinoflagelados. El grupo de las diatomeas y los dinoflagelados fueron los más dominantes. Se postularon dos grandes grupos de estaciones ubicados, uno en la zona suroccidental y el otro en la zona nororiental.

Así, de la misma manera como se han realizado trabajos en áreas marinas de Caribe colombiano, se ha investigado la comunidad fitoplanctónica en áreas estuarinas como la Ciénaga Grande de Santa Marta-CGSM. Por ejemplo trabajos como los realizados por Vidal (1995) quien describió la estructura del fitoplancton dentro del sistema CGSM en el

período de febrero a diciembre del año 1987. Allí se registraron 300 taxa para el área: 200 (66 %) diatomeas, 54 (18%) dinoflagelados, 23 (8%) cianobacterias y 23 (8%) de otros grupos (Clorofitas, Euglenófitas, Criptofitas, Pirrofitas y Silicoflagelados). De las diatomeas, 122 taxa corresponden a pennadas y 78 a céntricas.

Siguiendo con los estudios en CGSM, Vidal *et al.* (2001) entre octubre de 1999 y Julio del 2000 determinaron la composición cualitativa y cuantitativa del fitoplancton en CGSM. Allí encontraron 184 taxa: 14% Chlorophyta, 9% Cyanobacteria, 15% Bacillariophyta Centricae, 46% Bacillariophyta Pennatae, 4% Dinophyta, 10% Euglenophyta y 1% otros (Cryptophyta y 2 sin identificar). El 24% de las especies fueron de origen marino, el 35% dulceacuícola, 13% estuarinas y el restante 28%, sin identificar.

De La Hoz - Aristizábal (2004) evaluó la dinámica del fitoplancton de la Ciénaga Grande de Santa Marta, entre marzo de 1996 y febrero de 1997; se registraron 224 taxa, pocas dominantes y la mayoría raras, mostrando tendencia hacia una diversidad baja. Las cianobacterias presentaron las mayores abundancias todo el año.

3. Marco teórico conceptual.

3.1. Generalidades del fitoplancton.

El fitoplancton es el mayor productor primario de los sistemas marinos (Begon *et al.*, 2006), engloba organismos microscópicos que habitan la columna de agua, con capacidad de captar luz necesaria para sustentar la fotosíntesis (Odum, 1965). Además de ser el principal responsable del oxígeno presente en la atmósfera terrestre liberado mediante este proceso, presenta un papel importante en la red trófica: producir la materia orgánica del océano (Margalef, 1974; Balech, 1977).

El fitoplancton requiere de la luz, el bióxido de carbono y de nutrientes para su actividad fotosintética (Odum, 1965), por tal razón está limitado al estrato superficial del océano (zona fótica); razón de esto es que la radiación solar solo penetra en esta capa en donde a medida que el número de células aumenta, se absorbe radiación y se asimilan nutrientes; estos últimos son asimilados por los organismos de manera tan completa que se ven reducidos a concentraciones imperceptibles en las aguas superficiales del océano (Mann, 2006).

Así, el fitoplancton es clave en el mantenimiento del equilibrio planetario y su clima a través del intercambio entre atmósfera y océano de gases relevantes en el mantenimiento climático (Rost *et al.*, 2008). Por tal motivo el fitoplancton es un componente indispensable de los ciclos biogeoquímicos de distintos nutrientes como son el nitrógeno, fósforo y carbono. Dentro del componente fitoplanctónico marino se encuentran grupos principales como las diatomeas, los dinoflagelados y las cianobacterias (Tomas, 1997; Franklin *et al.*, 2006), cuyas características generales se describen a continuación:

Diatomeas: pertenecen principalmente a las clases Bacillariophyceae, Fragilariophyceae y Coscinodiscophyceae en el phylum Ochrophyta, del reino Chromista (Guiry y Guiry, 2011), el número de especies marinas en el mundo son aproximadamente 1800; su tamaño puede ser de 2 μm a 2 mm, su nivel organizacional es unicelular y frecuentemente en colonias; el cubrimiento celular se constituye de paredes silíceas y membranas orgánicas (Verlencar y Somshekar, 2004). Poseen Clorofilas a y c, betacarotenos, fucoxantinas, diatoxantinas y diatodanina (Gocke *et al.*, 2003). Las mitocondrias son del tipo tubular y la movilidad solo la poseen las diatomeas pennadas con rafe. Las diatomeas se dividen principalmente en diatomeas céntricas con formas esféricas y las diatomeas pennadas con formas filamentosas (Tomas, 1997).

Dinoflagelados: los dinoflagelados pertenecen a la clase Dinophyceae en el phylum Dinoflagellata, del reino Protozoa (Guiry y Guiry, 2011). Los flagelos pueden ser dos dimórficos o dos autofluorescentes. Los pigmentos que poseen son las clorofilas a y c, fucoxantinas, xantofilas, ficobilinas, ficobiliproteínas y los derivados de cada uno de estos pigmentos (Tomas, 1997). La nutrición es autótrofica, heterótrofica (saprofítica, fagocítica y parasítica). El cubrimiento celular se da por tecas de múltiples membranas formando un complejo (Tenebaum, 2004; Tenebaum *et al.*, 2006).

Cianobacterias: pertenecen a la clase Cyanophyceae, en el phylum Cyanobacteria, del reino Bacteria (Guiry y Guiry, 2011). Se caracterizan por ser organismos unicelulares que frecuentemente forman colonias, no poseen una membrana nuclear, ni organelos citoplasmáticos (Perry, 2003). Generalmente son fijadores de nitrógeno gracias a la enzima nitrogenasa; por ello hay crecimiento exponencial conocido como floraciones algales o mareas rojas, en aguas anòxicas o ricas en nitrógeno (Kraberg y Montagnes, 2004; Rangel y Vidal, 2006).

De igual forma, existen otros grupos que hacen parte del fitoplancton pero regularmente son considerados acompañantes de los tres anteriores, generalmente por su poca biomasa en los ecosistemas marinos, entre ellos se encuentran los silicoflagelados, cocolitoforidos, crisomonadidos y euglénidos (Jorgensen, 1968).

Sin importar el grupo que conforme la comunidad fitoplanctónica, en los sistemas oceánicos cualquier organismo que descienda fuera del estrato fótico, representa una pérdida neta de materia orgánica junto con su protoplasma y nutrientes. Esta pérdida podría representar una fracción muy pequeña de la producción orgánica total, pero en un período suficientemente prolongado, llevaría al empobrecimiento de las aguas menos profundas de los océanos (Rost *et al.*, 2008).

3.2. Variación horizontal.

En el océano existe amplia variedad de factores que determinan el ambiente y llevan consigo las condiciones de establecimiento de los tipos de organismos fitoplanctónicos. De estos factores, los eventos físicos son los más importantes en la recirculación de nutrientes (Balech, 1977; Richmond, 1986; Tait, 1987). De hecho, las zonas cercanas a los continentes, en donde existe una mayor actividad de las aguas por la acción del oleaje, las mareas y las corrientes, presentan surgencia que les permiten contar con la cantidad suficiente de nutrientes como nitrógeno y fosforo, formándose zonas más productivas (Mann, 2006).

Por el contrario, en el océano abierto, donde las aguas pueden ser más tranquilas, la producción de materia orgánica tiende a ser menor; de ello depende fundamentalmente que algunas zonas sean muy ricas en vida marina, mientras que otras son espacios con poca biomasa y diversidad biológica (Field *et al.*, 1988; Falkowski, 1994; Mann, 2006). Las regiones costeras son hasta cien veces más productivas por unidad de superficie que el mar abierto y se les considera entre las regiones más productivas en el planeta (Richmond, 1986).

Sin embargo, en los mares tropicales, la radiación solar aumenta la temperatura de las aguas superficiales; debido a esto se forman estratificaciones térmicas, las cuales son muy estables e impiden la surgencia; esto trae como consecuencia que las aguas sean menos productivas y así, el color azul intenso de los mares tropicales, no es más que una clara manifestación de la falta de vida planctónica y de materia orgánica (Leal *et al.*, 2001; Mann, 2006).

Por último, la composición de la comunidad fitoplanctónica sufre continuos cambios a diferentes escalas, observándose patrones de variación en cada una de ellas (Silva *et al.*, 2008); así, escalas más amplias facilitan la observación de patrones en la distribución de las especies, mostrando la dominancia de algunos grupos en los sitios (Silva *et al.*, 2008). Por lo tanto, el conocimiento en la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica es un pilar importante en el conocimiento de los ecosistemas marinos costeros y oceánicos en el Caribe colombiano (Caicedo, 1975; Gocke *et al.* 2003; Gavilán *et al.* 2005).

3.3. Variación con la profundidad.

La distribución del fitoplancton en la columna de agua es regulada por las condiciones ambientales; los factores más importantes en la productividad, son la radiación solar y la cantidad de fotopigmentos disponibles por los productores primarios para la fotosíntesis (Kirk, 1993; Mann, 2006). Por tal razón y teniendo en cuenta que el espectro fotosintético es entre 400-600 nm, y que la radiación solar en los trópicos es constante, afectada solo por patrones atmosféricos (lluvias, tormentas), la disponibilidad de luz en la columna de agua es su principal limitante.

Lo anterior se evidencia en la medida que la radiación solar penetra el agua y las longitudes de ondas que son absorbidas por el agua disminuyen, quedando solamente las que son débilmente absorbidas. Por ello, el coeficiente espectral de la irradiancia disminuye drásticamente con la profundidad (Kirk, 1993).

De igual forma, la absorción de las longitudes de onda en la superficie, por parte del fitoplancton, condiciona la disponibilidad de las longitudes a las comunidades fitoplanctónicas más profundas (Mann, 2006). En consecuencia, el fitoplancton ha desarrollado sistemas de pigmentos accesorios para captar el resto de longitudes de ondas disponibles (Balech, 1977) y así, muchas especies, se han adaptado a fotosintetizar a baja irradiancia; debido a esto, en las aguas oceánicas, las mayores productividades primarias se registran en los niveles más profundos de la capa fótica (Kirk, 1993).

En las aguas oceánicas claras, el mayor espectro de la irradiancia se halla a 15 metros de profundidad y está confinada al espectro de 400-550 nm (azul); mientras en aguas costeras la atenuación es llevada por sustancias amarillas (gilvin) donde la región azul del espectro es comparable con la región roja del espectro a 4 metros de profundidad; además, permanece una alta irradiancia en las longitudes de ondas fotosintéticamente activas, con un máximo de 570 nm (Kirk, 1993; Arrigo, 2005).

En estudios sobre variación vertical del fitoplancton en aguas de la zona nororiental en Cuba (Leal *et al.*, 2001) se determinó que la distribución vertical del fitoplancton fue uniforme, no hallándose diferencias significativas entre las distintas profundidades evaluadas (5 m, 25 m y 50 m). Asimismo López-Baluja *et al.* (1978) en la plataforma Cubana, plantean que no existen diferencias en la distribución vertical en los períodos

secos y lluviosos, allí fueron encontradas las mayores abundancias por encima de los 75 m. Sin embargo, los datos encontrados sobre la distribución del fitoplancton en aguas tropicales en Dakar (Averina, 1968), Golfo de Guinea (Vinogradova, 1971), y en aguas tropicales oceánicas del Atlántico (Semina y Chiong, 1974) muestran la existencia de mayor concentración de células en el nivel de 0 a 25 metros de profundidad.

4. Objetivos.

4.1. Objetivo General.

Caracterizar la comunidad fitoplanctónica del Crucero Caribe 2011-1 en el período seco del año 2011.

4.2. Objetivos Específicos.

- Identificar hasta el nivel taxonómico más bajo posible, la comunidad fitoplanctónica del Crucero Caribe 2011-1 en la época seca del año 2011.
- Establecer diferencias en riqueza y abundancia del fitoplancton en la distribución vertical en áreas oceánicas del Caribe Colombiano en la época seca del año 2011.
- Establecer la variación horizontal de la comunidad fitoplanctónica en áreas oceánicas del Caribe colombiano en la época seca del año 2011.

5. Hipótesis

- Existen diferencias en la distribución horizontal en riqueza y abundancia del fitoplancton en áreas oceánicas del Caribe colombiano.
- Existen diferencias en abundancia y riqueza de la comunidad fitoplanctónica en la distribución vertical en áreas oceánicas del Caribe colombiano.

6. Diseño metodológico.

6.1. Área de estudio.

Durante los meses de febrero y marzo del 2011 fue realizada a bordo del Buque Oceanográfico A.R.C. “Providencia” una campaña que cubrió una grilla de 19 estaciones oceanográficas, con el fin de caracterizar la comunidad fitoplanctónica ubicada en áreas oceánicas del Mar Caribe colombiano (Figura 1). El Mar Caribe colombiano cubre el rango latitudinal, comprendido entre 8° N hasta 13° N, desde el límite con Panamá en el suroeste (SW) con longitud 79° W, hasta la alta Guajira al noreste (NE) con longitud 71° W (Bernal *et al.*, 2006).

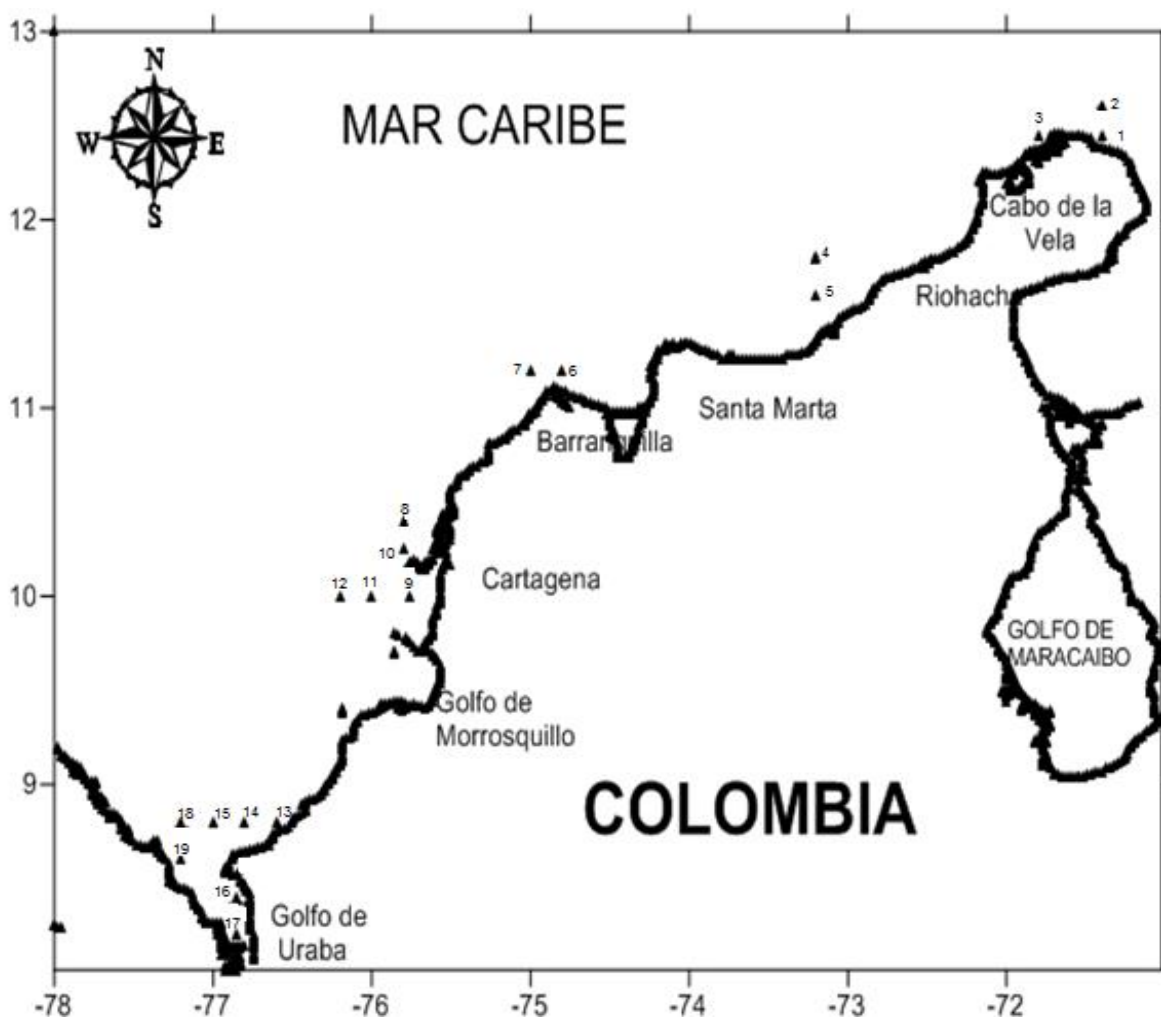


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de las estaciones del Crucero Caribe 2011-1. Los triángulos señalizan la ubicación de las estaciones.

El Caribe colombiano está bajo la influencia de los vientos alisios del noreste y las oscilaciones de la Zona de Convergencia Intertropical -ZCI (Andrade y Barton, 2005;

Bernal *et al.*, 2006). Cuando ZCI se desplaza hacia el sur (Enero - Febrero) causa mayor intensidad de los vientos con escasa precipitaciones (Periodo seco); luego entre septiembre y noviembre se desplaza hacia el norte, causando menor intensidad de los vientos con precipitaciones frecuentes (Periodo lluvioso); entre junio y marzo, se presenta un período de transición causado por el tránsito de ZCI (Andrade, 1993; Franco-Herrera, 2006; Bernal *et al.*, 2006; Lozano-Duque *et al.*, 2010b). A su vez, Los vientos alisios del período seco, ocasionan fricción del viento sobre la capa superficial del agua y genera el movimiento vertical, de aguas profundas al ocupar el espacio del agua desplazada por el viento, este fenómeno es conocido como surgencia.

Las corrientes en el Mar Caribe colombiano están influenciadas además de los vientos alisios del noreste, por tres condiciones oceanográficas generales: la presencia de la Corriente del Caribe desde la superficie hasta aproximadamente 160 m de profundidad hacia el occidente, la Contracorriente Panamá-Colombia -CPC hacia el oriente con intensidades que varían con la profundidad y la Corriente profunda del Caribe que presenta un lento movimiento hacia el oriente sobre el talud y el fondo abisal (Andrade-Amaya, 2003).

El Caribe colombiano exhibe una temperatura superficial del agua entre 25 y 29°C, con amplios rangos de salinidad, donde se han reportado valores promedios de $35,6 \pm 1,2$ en aguas oceánicas y dependiendo de la proximidad a ecosistemas acuáticos continentales, puede tomar valores cercanos a 21. Las mareas son mixtas al igual que en todo el Caribe, registrando una amplitud máxima de 40 a 60 cm (Garay *et al.*, 1988; Vivas-Aguas *et al.*, 2010).

También, se vierten numerosas descargas continentales en el Mar Caribe colombiano; algunas de éstas consideradas como fuentes puntuales de contaminación. Entre ellas las mayores aportantes de nutrientes, sedimentos y contaminantes son el Río Magdalena, Río Atrato y el Canal del Dique. Asimismo, factores físicos, climáticos, oceanográficos y antrópicos también influyen en los ambientes marinos y oceánicos (Vivas-Aguas *et al.*, 2010).

6.2. Procedimientos de toma de muestra.

Sesenta muestras de agua de mar a 5, 20, 50, 100 y 300 m de profundidad (según batimetría) fueron colectadas en 19 estaciones mediante el uso de botellas Niskin. Posteriormente, a través de una red selectiva para fitoplancton con abertura de poro de 20 μ m, se filtraron 3 litros de cada muestra (modificado de Supraha *et al.*, 2011). Luego se almacenaron en botellas opacas y fueron fijadas con solución formalina al 4% neutralizada con bórax.

6.3. Preparación y Observación de las Muestras.

Las muestras fueron concentradas hasta un volumen de 25 mL y luego se observaron cinco alícuotas de 1 mL por muestra con placas Sedgwick Rafter bajo el microscopio invertido (Kim *et al.*, 2004; UNESCO, 2010). La identificación de los organismos presentes en las muestras se realizó con base en los trabajos de Balech *et al.* (1984), Tomas (1997),

Perry (2003), Tenenbaum *et al.* (2004), Tenenbaum (2006), Sunesen (2008) y Hernández-Becerril (2008), hasta el nivel taxonómico más bajo posible.

El cálculo del número de células por litros en este trabajo utilizó la siguiente relación entre el volumen y las células contadas:

$$\#Células/L = \frac{C1 * Vc}{Vo * Vf}$$

C1= Número de células contadas en la placa SR.

Vc= Volumen de la muestra concentrada en mL. (25 mL).

Vo= Volumen de muestras observada en mL. (1 mL x 5 alícuotas).

Vf= Volumen de muestra filtrada en L. (3 L).

Por lo tanto, para determinar el número de Células/L de una muestra:

$$\#Células/L = \frac{\Sigma \#células \text{ contadas en las 5 placas SR} * 25mL}{5mL * 3L}$$

Por otro lado, con el fin de probar la validez del número de alícuotas observadas en éste trabajo, fueron realizadas curvas de acumulación de taxa observados; contrastados con el estimador de la riqueza de especies Jackknife de primer orden (Moreno, 2001):

$$Jack1 = S + L \frac{m-1}{m}; \text{ Donde.}$$

S: número de especies en la muestra

L: número de especies que ocurren solamente en una muestra

m: número de muestras.

La aplicación de éste método partió de la observación de 10 alícuotas de las muestras de 5 m de profundidad.

6.4. Análisis de datos.

6.4.1. Descripción de la comunidad.

Fueron establecidas medidas descriptivas a partir de los cálculos de abundancia fitoplanctónica (promedio y rango). Además, fueron detallados aspectos como número de especies registradas, abundancia porcentual de grupos (diatomeas, dinoflagelados, cianobacterias, etc.), taxa más abundantes y atributos de la comunidad.

6.4.2. Atributos de la comunidad.

6.4.2.1. Riqueza absoluta: cantidad de especies encontrada en una muestra (Magurran, 1988).

6.4.2.2. Índice de Margalef: transforma el número de especies por muestra, a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra (Magurran, 1988).

$$Dmg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

S = número de especies.

N = número total de individuos.

6.4.2.3. Índice de Simpson: manifiesta la probabilidad que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Magurran, 1988; Moreno, 2001).

$$\lambda = \sum p_i^2. \text{ Dónde:}$$

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la Especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

6.4.2.4. Índice Shannon-Wiener: expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Magurran, 1988).

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la Especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Por último, fue establecido el comportamiento de los atributos de la comunidad como complemento del análisis de distribución horizontal de la comunidad. Fueron calculados los valores medios, máximos y mínimos de la comunidad fitoplanctónica de las estaciones del Crucero 2011-1, tanto en diversidad específica, equidad y dominancia de la comunidad.

6.4.3. Variación horizontal en la comunidad fitoplanctónica.

Con el propósito de establecer diferencias en la distribución horizontal de la comunidad, se empleó el análisis agrupación. Los dendrogramas fueron construidos mediante el método de ligamiento promedio a partir de una matriz de similitud usando el índice Bray-Curtis. Se definieron grupos con un 40% de similitud según Lozano-Duque *et al.* (2010a). El índice Bray-Curtis fue calculado mediante la fórmula:

$$I_{B\&C} = 2jN / (aN + bN). \text{ Dónde:}$$

aN = número total de individuos en la comunidad A.

bN = número total de individuos de la comunidad B.

jN = suma total de las abundancias menores de las especies encontradas en ambas comunidades.

El índice Bray-Curtis es utilizado especialmente en datos cuantitativos de especies en una comunidad biológica, con el fin de comparar el recambio de especies en la comunidad entre dos sitios, transectos o puntos en espacios geográficos. Este índice concede un importante peso a los altos valores ya que en su expresión el numerador incluye la diferencia entre los atributos. Sin embargo, dado que la sumatoria de las diferencias no se eleva al cuadrado y posteriormente se divide entre la sumatoria de las sumas individuales; es una opción menos sesgada que la distancia euclidiana (Badii *et al.*, 2008). Este índice, fue empleado por Lozano-Duque *et al.* (2010a) para establecer diferencias en la distribución horizontal de la comunidad fitoplanctónica en áreas oceánicas en el Caribe colombiano.

6.4.4. Distribución vertical de la comunidad.

A fin de establecer la correlación, similitud y diferenciación a distintas profundidades, fueron empleadas dos herramientas estadísticas. La primera fue el análisis de agrupación, cuyos dendrogramas fueron construidos mediante el método de ligamiento promedio entre nodos, en conjunto con el coeficiente de correlación *Pearson* el cual generó la matriz de similitud. La segunda técnica, fue la prueba *t-student* independiente con un 95% de confiabilidad, realizada separadamente a datos de riqueza y abundancia de especies a cada profundidad (5 m, 20 m, 50 m y 100 m), con el objetivo de determinar las diferencias estadísticas entre las profundidades y luego integrarlos con los resultados del análisis de agrupación.

La elección del coeficiente de correlación de *Pearson* en el análisis de distribución vertical, obedece a que es útil cuando los datos de los lazos están valorados, esto es si contienen información acerca de la fortaleza del vínculo y no sólo de su presencia o ausencia (Hanneman y Riddle *et al.*, 2005). Información que posteriormente se corroboró con el análisis *t-student* independiente.

7. Resultados.

La prueba de validez en la observación de las muestras, reveló que cinco alícuotas fueron suficientes para igualar el valor del estimador Jackknife y obtener la riqueza total de taxa en cada muestra evaluada. Por lo tanto, no se hizo necesario observar más alícuotas para éste estudio (Anexo 3).

En el presente estudio fueron identificados 65 taxa en total, de los cuales 33 formaban parte de diatomeas centrales, 19 de dinoflagelados, 9 de diatomeas pennadas, dos taxa de cianobacterias, un taxón de silicoflagelados y un euglenófito. De manera general se observó, que las diatomeas centrales fue el grupo con mayor abundancia y riqueza de taxa en las aguas oceánicas del Caribe colombiano.

7.1. Distribución vertical de la comunidad.

7.1.1. Riqueza.

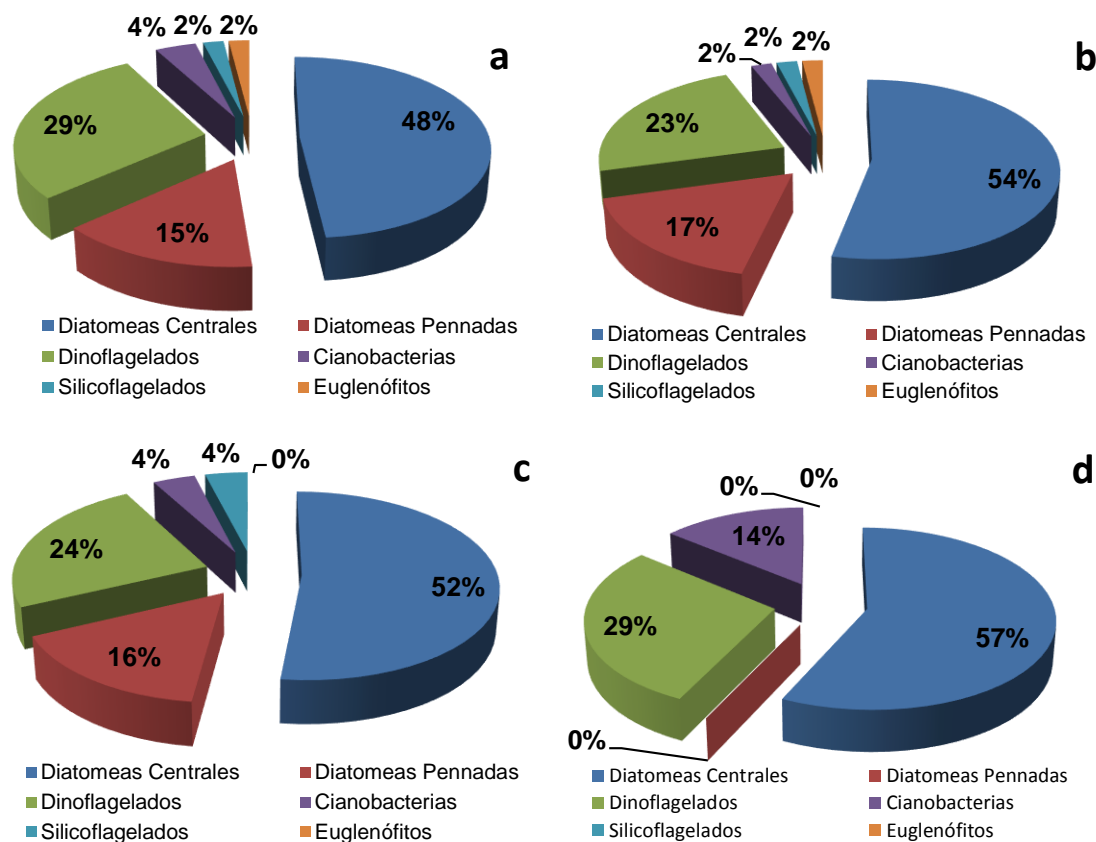


Figura 2. Distribución de la riqueza porcentual por grupos a diferentes profundidades. Dónde: a) 5 m b) 20 m c) 50 m d) 100 m.

En 5 m de profundidad se encontraron 55 taxa: 27 diatomeas centrales, 16 dinoflagelados, ocho diatomeas pennada, dos a cianobacterias, un taxón a

silicoflagelados y un euglenófito. En los 20 m se identificaron 47 taxa, de los cuales 25 fueron diatomeas centrales, 11 dinoflagelados, 8 diatomeas pennada, un taxón de cianobacterias, silicoflagelados y euglenófitos. En 50 m, se hallaron 25 taxa, de los cuales 13 fueron diatomeas centrales, 6 dinoflagelados, 4 diatomeas pennadas, un taxón de cianobacterias y uno de silicoflagelados. En 100 m, se encontraron 7 taxa siendo 4 de diatomeas centrales, 2 de dinoflagelados y un taxón de cianobacterias. En 300 m no fue registrado ningún taxón (Figura 2).

7.1.2. Abundancia.

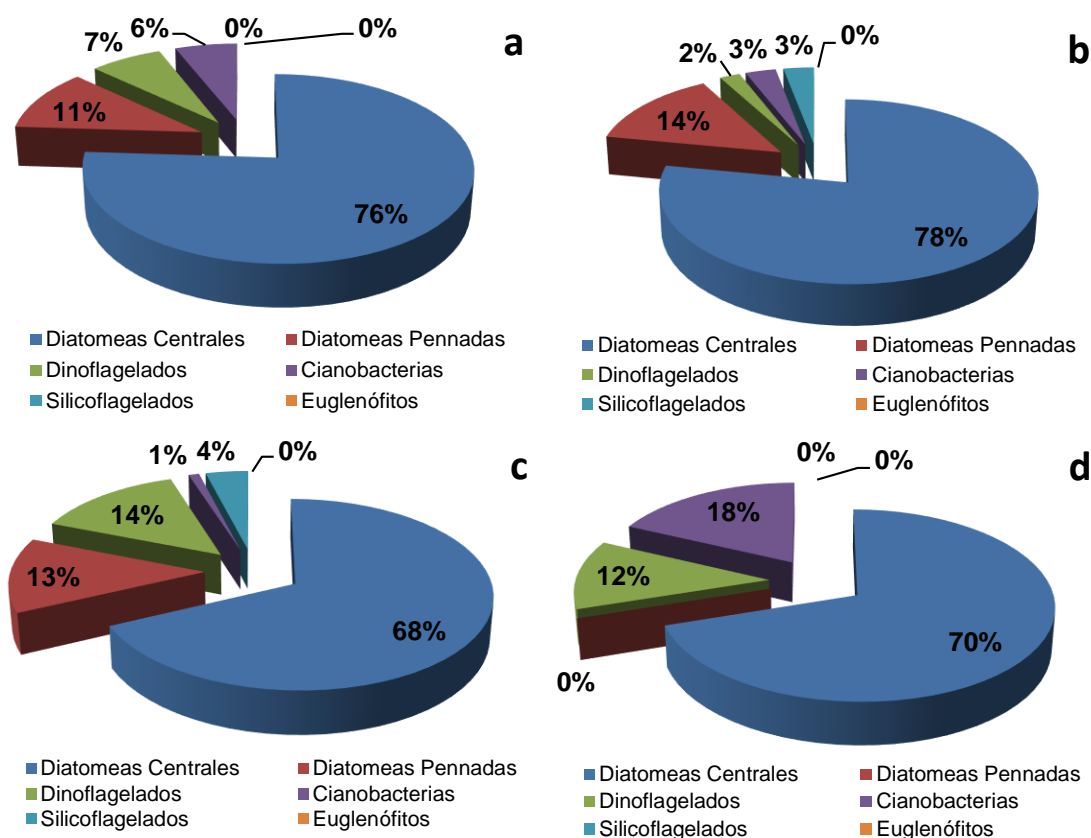


Figura 3. Abundancia celular porcentual fitoplanctónica a diferentes profundidades. Dónde: **a)** 5 m **b)** 20 m **c)** 50 m **d)** 100 m.

En promedio la abundancia celular fitoplanctónica a 5 m de profundidad fue 1728 Cel/L, con variaciones entre 67-7983 Cel/L (Tabla 1). La abundancia porcentual de grupos en la comunidad, mostró que las diatomeas centrales fueron dominantes, seguido de las diatomeas pennadas, los dinoflagelados, las cianobacterias, los silicoflagelados y euglenófitos (Figura 3a). Cabe mencionar que los taxa con mayor dominancia (68% de las células contadas) fueron *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros peruvianus*, *Leptocylindrus* sp., *Thalassionema javanicum*, *Anabaena* sp y *Chaetoceros danicus* (Figura 4).

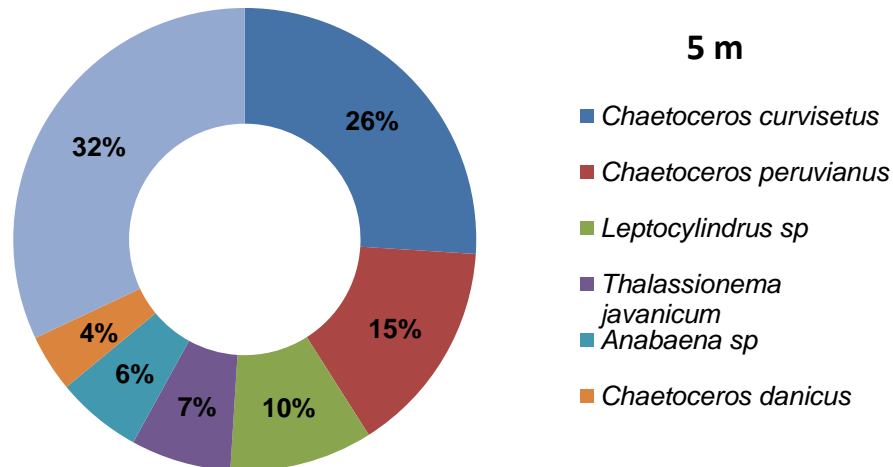


Figura 4. Especies más abundantes en 5 m de profundidad en la época seca del año 2011 en el Caribe colombiano.

En 20 m de profundidad, la abundancia promedio fue de 686 Cel/L, con variaciones entre 0-4817 Cel/L (Tabla 1). El grupo de las diatomeas centrales fue nuevamente el más abundante seguido de las diatomeas pennadas, las cianobacterias, silicoflagelados, dinoflagelados y los euglenófitos (Figura 3b). Dentro de estos grupos los taxa más abundantes fueron *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros peruvianus*, *Thalassionema javanicum*, *Lauderia sp.* *Leptocylindrus sp.* y *Skeletonema costatum* (Figura 5).

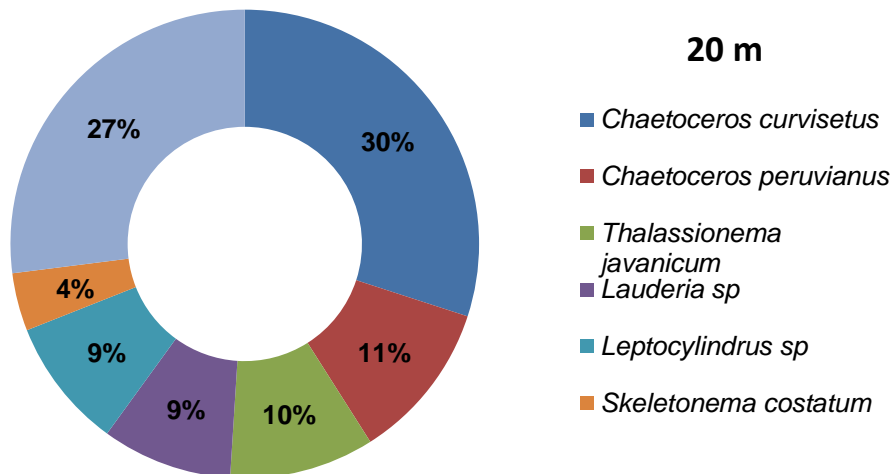


Figura 5. Especies más abundantes en 20 m de profundidad en la época seca del año 2011 en el Caribe colombiano.

En 50 m el promedio fue de 438 Cel/L, con variaciones entre 0-3317 Cel/L (Tabla 1). Nuevamente en esta profundidad las diatomeas centrales fueron las más abundantes, luego los dinoflagelados, diatomeas pennadas, silicoflagelados y cianobacterias (Figura 3c). En 50 m 6 especies representaron el 80% de las células contadas: *Chaetoceros*

curvisetus, *Anabaena* sp, *Ornithocercus magnificus*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema javanicum* y *Rhizosolenia styliiformis* (Figura 6).

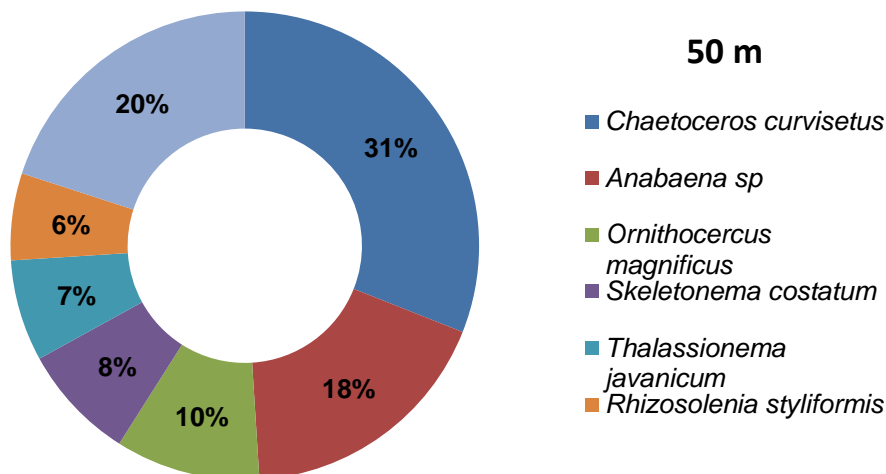


Figura 6. Especies más abundantes en 50 m de profundidad en la época seca del año 2011 en el Caribe colombiano.

En las zonas más profundas la abundancia disminuyó o se hizo nula, así en 100 m, el promedio registrado fue de 35 Cel/L, con variaciones de 0-250 Cel/L (Tabla 1). Las diatomeas fueron las más abundantes a ésta profundidad, luego los dinoflagelados (Figura 3d). La abundancia porcentual de 7 taxa representó el 100% de las células contadas: *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema costatum*, *Anabaena* sp., *Pseudosolenia* sp., *Coscinodiscus granii*, *Ceratium tripos* y *Podolampas* sp. No se registraron taxa a 300 m de profundidad (Figura 7).

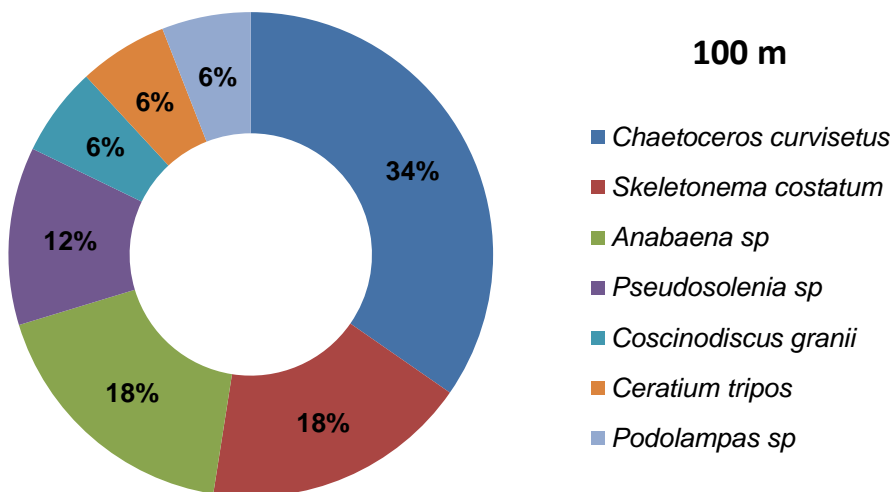


Figura 7. Especies más abundantes en 100 m de profundidad en la época seca del año 2011 en el Caribe colombiano.

7.1.3. Comparación entre profundidades.

El análisis de agrupamiento mostró la formación de un grupo (Mostaza) conformado principalmente por las estaciones en 5 y 20 m de profundidad. Lo anterior evidenció la posible variación de la comunidad fitoplanctónica observada en éstas profundidades respecto a las demás evaluadas (Figura 8).

Las pruebas *t-student* mostraron diferencias estadísticas significativas entre las profundidades en riqueza y abundancia de la comunidad en aguas oceánicas en el Caribe colombiano. La riqueza y abundancia superficial en 5 m fue superior a las demás profundidades evaluadas. Además, la comunidad a 20 y 50 m no presentó diferencias significativas en abundancia, pero si en la riqueza (Tabla 1). Igualmente en 100 m de profundidad, la abundancia y la riqueza fueron inferiores a las encontradas en niveles intermedios de la columna de agua (20 y 50 m) (Tabla 1).

Tabla 1. Pruebas t-student a diferentes profundidades, abundancia (Izquierda) y riqueza de taxa (derecha). * No existen diferencias, ** indica diferencias estadísticas.

Abundancia					Riqueza				
	n	Promedio Cel/L	Rango Cel/L	SEM Cel/L		n	Promedio especies	SEM especies	
A5 A20 A50					R5 R20 R50				
A5	19	1728	67-7983	387	R5	19	11,95	1,4	
A20 **	19	686	0-4817	246	R20 **	19	7,63	1,2	
A50 ** *	11	438	0-3317	294	R50 ** **	11	4,24	1,3	
A100 ** ** *	8	35	0-250	87	R100 ** ** *	8	1,81	0,6	

A= abundancia, R=riqueza, n= número de muestras, SEM= error cuadrado medio. Las unidades de promedio, rango y SEM de abundancia son Cel/L; asimismo las unidades de riqueza están dadas en número de especies.

7.2. Distribución horizontal de la comunidad.

Con base en los resultados descriptivos de distribución vertical de la comunidad, el análisis de clasificación comparativo a distintas profundidades (Cluster), las diferencias estadísticas en riqueza y abundancia a distintas profundidades (*t-student*) y el menor número de muestras en las estaciones a 50 m y 100 m; se estableció el criterio de análisis en la distribución horizontal de manera independiente en 5 m y 20 m de profundidad, con el fin de mostrar la variabilidad horizontal del fitoplancton a cada profundidad en el Caribe colombiano.

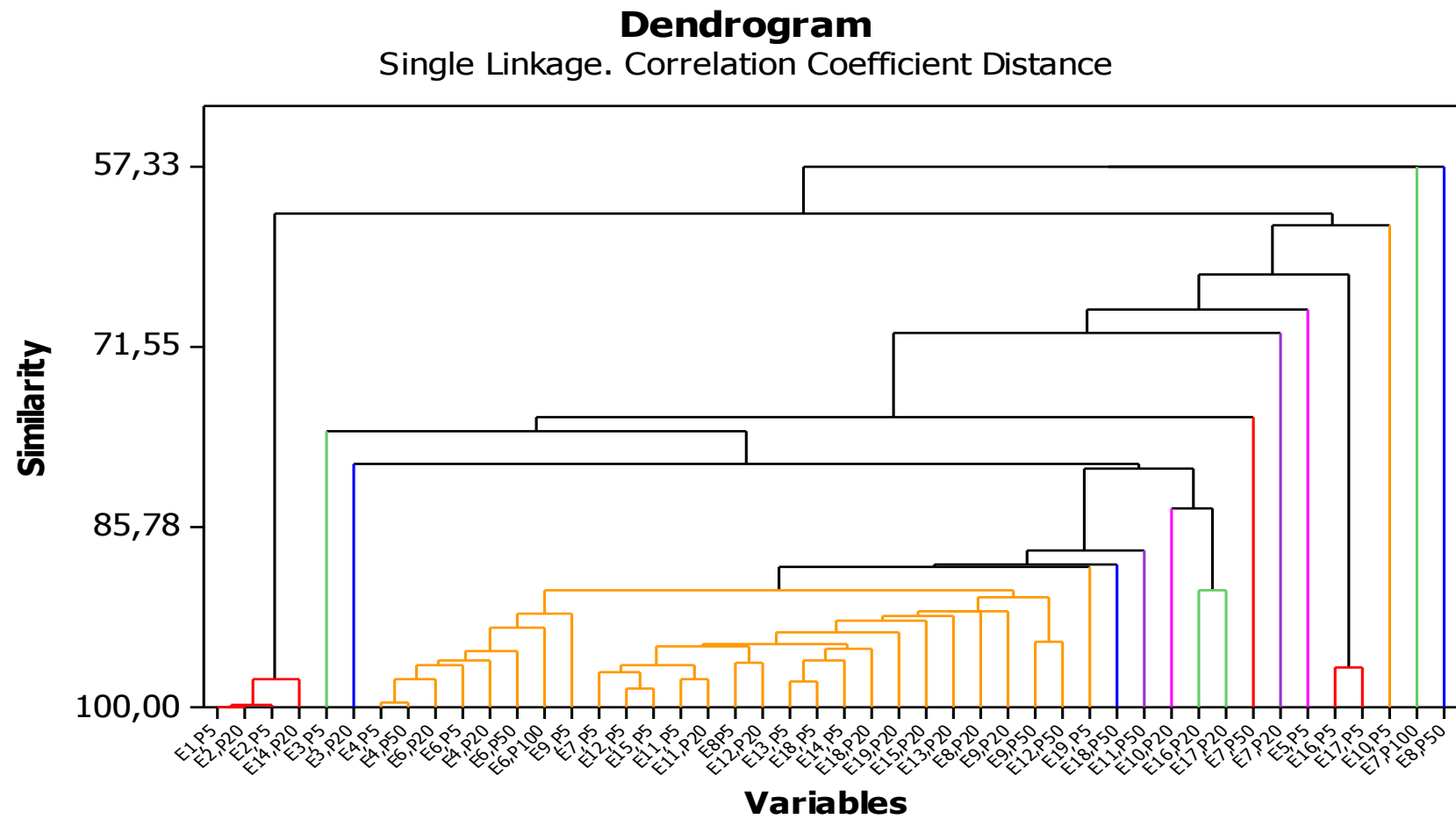


Figura 8. Dendrograma con datos de abundancia del fitoplancton empleando el índice de correlación Pearson en 5, 20, 50 y 100 m de profundidad.

Tabla 2. Ubicación geográfica y valores de los índices de diversidad calculados para cada estación de muestreo a 5 y 20 m. Riqueza de especies (S), abundancia total Cel/L (N), índice de Margalef (Mg) N/A aparece cuando no hay registro de especies, índice de Shannon-Wiener (H'), índice de Simpson (λ).

Estación	Lat.	Lon.	Profundidad (m)	S	N	Mg	H'	λ
1	12°27'00"N	71°24'00"O	5	4	1550	0,4	0,4	0,8
			20	0	0	N/A	0	N/A
2	12°35'60"N	71°24'00"O	5	5	2300	0,5	0,5	0,8
			20	1	500	0	0	1
3	12°27'0"N	71°47'60"O	5	1	100	0	0	1
			20	1	33	0	0	1
4	11°48'00"N	73°12'00"O	5	8	1750	0,9	0,9	0,6
			20	6	1383	0,8	1,4	0,3
5	11°35'60"N	73°12'00"O	5	2	67	0,2	0,7	0,5
			20	0	0	N/A	0	N/A
6	11°11'60"N	74°47'60"O	5	20	7983	2,3	2,2	0,1
			20	17	4817	2	2,2	0,2
7	11°11'60"N	75° 0'00"O	5	4	217	0,6	1,2	0,3
			20	9	300	1,4	2	0,2
8	10°24'00"N	75°47'60"O	5	13	1517	1,6	1,7	0,3
			20	8	467	1,1	1,7	0,2
9	10° 0'00"N	75°45'00"O	5	13	2250	1,5	1,8	0,2
			20	12	817	1,6	2	0,2
10	10°15'00"N	75°47'60"O	5	22	2943	2,6	2,2	0,1
			20	5	425	0,6	1,2	0,3
11	10° 0'00"N	76° 0'00"O	5	14	1150	1,9	2	0,2
			20	9	758	1,3	1,4	0,4
12	10° 0'00"N	76°12'00"O	5	21	1733	2,7	2,1	0,2
			20	1	83	0	0	1
13	8°50'60"N	76°35'60"O	5	14	1242	1,8	1,7	0,3
			20	12	967	1,6	1,8	0,2
14	8°48'00"N	76°47'60"O	5	14	1325	1,9	1,9	0,2
			20	12	1042	1,5	1,4	0,4
15	8°48'00"N	77° 0'00"O	5	14	1967	1,8	1,8	0,2
			20	10	242	1,6	2	0,2
16	8°24'00"N	76°50'60"O	5	17	1309	2,4	1,9	0,3
			20	12	225	2,1	1,7	0,3
17	8°11'60"N	76°50'60"O	5	10	808	1,3	1,4	0,4
			20	5	125	0,8	1,5	0,3
18	8°48'00"N	77°12'00"O	5	17	1618	2,2	1,8	0,2
			20	13	658	1,8	1,9	0,2
19	8°35'60"N	77°12'00"O	5	14	1008	2	1,9	0,2
			20	11	192	1,9	2,1	0,2

7.2.1. Riqueza.

El mayor número de taxa totales en este estudio y de diatomeas centrales fue registrado en la estación E10 con 22 taxa, 13 de los cuales son diatomeas centrales, seguido de E12 (21/11) y E6 (21/11) (Tabla 2 y Figura 9). Por otra parte, el menor número de taxa totales y de diatomeas centrales fue encontrada en la estación E3 (1/0); así como E5 (2/1) y E1 (4/2). Los dinoflagelados, presentaron su mayor riqueza en la estación E12 con 6 taxa; además no fueron registrados taxa de dinoflagelados en E1 y E3 ubicadas en zona nororiental. Asimismo, las diatomeas pennadas no fueron registradas en las estaciones E3, E5 y E7, siendo su mayor riqueza presentada en las estaciones E10 con 5 taxa. El grupo de las cianobacterias fue identificado solo en 6 de las 19 estaciones (E3, E6, E8, E10, E16 y E18), y su mayor riqueza fue hallada en E16 con dos taxa. Silicoflagelados y euglenófitos, solo fueron registrados en las estaciones E1 y E6 (Figura 9).

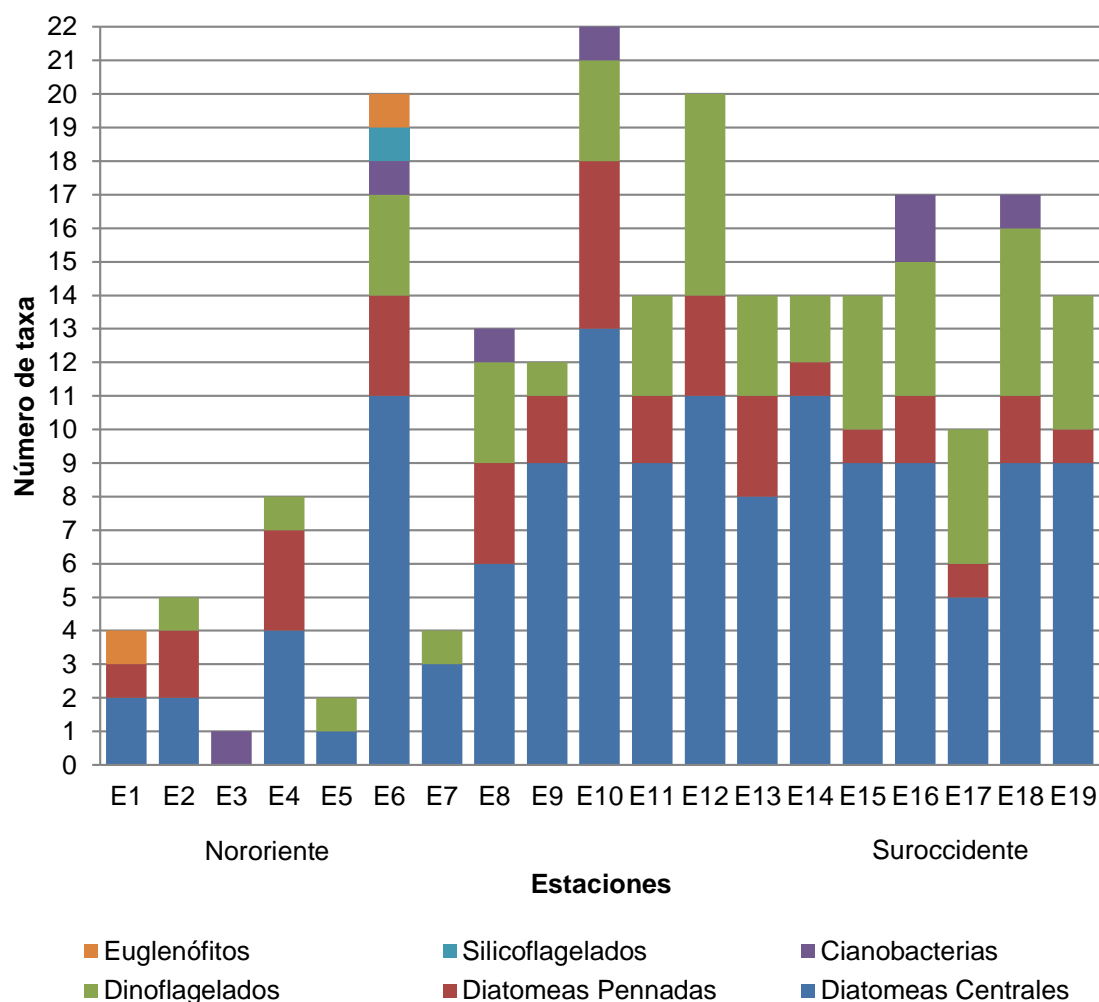


Figura 9. Número de taxa identificados por grupo taxonómico en cada estación a 5 m de profundidad.

De igual manera, la mayor cantidad de taxa (17) y de diatomeas centrales (9) a 20 m de profundidad fue encontrada en la estación E6, seguida de E18 (13/9) y E9 (12/9) (Tabla 2, Figura 10). En las estaciones E1 y E5, no se identificó ningún taxón de los

grupos. Por otra parte, los dinoflagelados mostraron su mayor riqueza en la estación E16 con 5 taxa; aunque no se registraron en E1, E2, E3, E4, E5, E10 y E12. Igualmente, las diatomeas pennadas tampoco se identificaron en las estaciones E1, E2, E3, E5, E11, E12 y E16; por el contrario, su mayor riqueza fue presentada en las estaciones E14 con 4 taxa. El grupo de las cianobacterias fue hallado en solo 2 de las 19 estaciones (E6 y E7) con un taxón. Del mismo modo silicoflagelados y euglenófitos se presentaron en E6 (Figura 10).

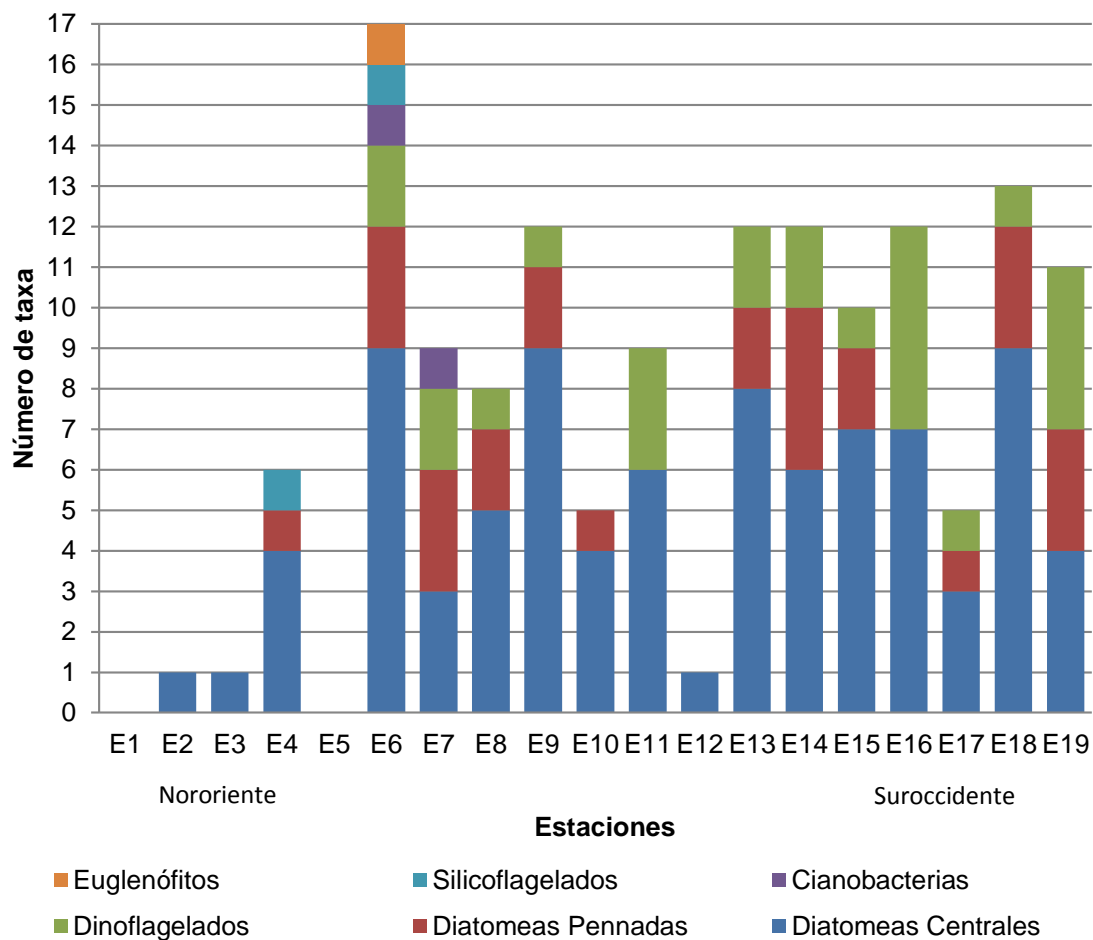


Figura 10. Número de taxa identificados por grupo taxonómico en cada estación a 20 m de profundidad.

7.2.2. Atributos de la comunidad.

Los valores del índice de diversidad de Margalef en 5 m de profundidad variaron entre 0 y 2,7; los mayores índices fueron observados hacia la zona central y suroccidental especialmente en las estaciones E12, E10, y E16; los valores más bajos fueron encontrados en la zona nororiental: E3, E5 y E1. El índice de Shannon-Wiener varió entre 0 y 2,3; los valores más bajos fueron hallados en las estaciones E3 y E1 en la zona nororiental; el valor más alto fue encontrado en la estación E6 seguido de E10 y E12. Por otro lado, el índice de Simpson presentó valores entre 0 y 1, siendo las estaciones nororientales E3, E1 y E2 las de mayor dominancia, y las estaciones E10,

E6 y E12 las de menor dominancia en las aguas oceánicas del Caribe colombiano (Tabla 2).

A 20 m de profundidad, la diversidad de Margalef varió entre 0 y 2, los mayores índices a esta profundidad fueron hallados en las estaciones E16 y E6; los más bajos fueron encontrados en E2 y E3 y E12. Por otro lado, el índice de Shannon-Wiener varió entre 0 y 2,2; los valores más bajos fueron hallados en las estaciones E1, E2, E3, E5 y E12; además los valores más altos fueron encontrados en la estación E6, E19 y E15. El índice de Simpson presentó valores entre 0,2 y 1 siendo las estaciones E2 y E3 en la zona nororiental y E12 en la zona suroccidental, las que presentaron mayor dominancia; además las estaciones E6, E7, E15 y E19 mostraron menor dominancia a esta profundidad (Tabla 2).

7.2.3. Abundancia.

La mayor abundancia de células se registró en la estación E6 (7983 Cel/L) ubicada en la zona de influencia del Río Magdalena, seguida de E10 (2943 Cel/L) próxima a Islas del Rosario (Tabla 2). Al mismo tiempo, las menores densidades a 5 m de profundidad fueron encontradas en E5 (67 Cel/L) y E3 (100 Cel/L) situadas en aguas nororientales del Caribe colombiano (La Guajira). La mayor abundancia porcentual de diatomeas centrales sobre otros grupos, se observó en 15 de las 19 estaciones muestreadas (Figura 11).

Los valores más altos de dominancia, por parte de las diatomeas centrales, fueron registrados en la zona nororiental y central, en la estación E1 y E9 respectivamente. Los valores más bajos se presentaron en la zona nororiental con ausencia total en E3 y en la zona suroccidental en E16 y E17 (Figura 11).

Los dinoflagelados, exhibieron su mayor abundancia porcentual en las estaciones ubicadas en la zona suroccidental, fueron dominantes en E16 y E17 (Golfo de Urabá); contrario a esto, la zona nororiental presentó menor abundancia de dinoflagelados, con cero registros en E1 y E3. El grupo de las cianobacterias solo se encontró en 4 estaciones (E3, E6, E8 y E16), siendo dominante y único taxón en la estación E3; en las demás estaciones fue poco abundante. De igual forma, las diatomeas pennadas fueron registradas con bajos valores de abundancia porcentual, el menor valor fue en la zona nororiental estando ausentes en las estaciones E3, E5 y E7; sin embargo, hacia la zona suroccidental tienden a aumentar sin llegar a ser dominantes. La abundancia de euglenófitos y silicoflagelados fue muy baja, solo fueron identificados en la estación E1 y E6 respectivamente (Figura 11).

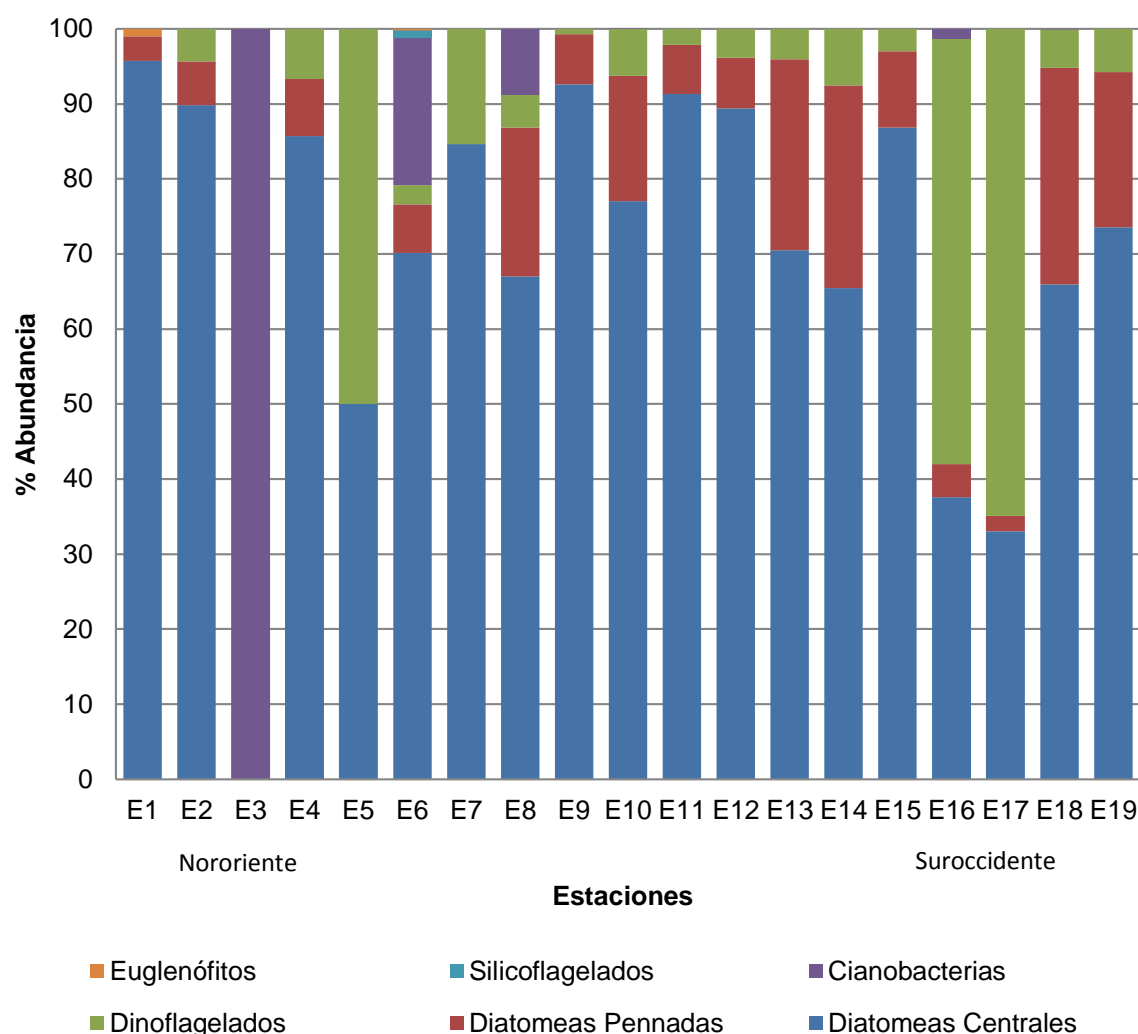


Figura 11. Abundancia porcentual de grupos fitoplanctónicos identificados en las estaciones de muestreo a 5 m.

La mayor densidad de células a 20 m de profundidad, se encontró en la estación E6 (4817 Cel/L) seguido de E4 (1383 Cel/L) en la zona nororiental (Tabla 2). Las diatomeas centrales dominaron el fitoplancton en las aguas oceánicas a 20 m de profundidad; asimismo, la mayor abundancia porcentual de las diatomeas centrales se observó en todas las estaciones evaluadas, a excepción de E1 y E5, en donde no se registró ningún taxón (Figura 12). Se registraron altos valores en la zona nororiental (E2, E3 y E4) y central (E10, E11 y E12); los menores en la zona suroccidental, en particular la estación E19.

Las diatomeas pennadas a 20 m de profundidad se presentaron principalmente en la zona central y suroccidental, no se observaron en las estaciones E1, E2, E3, E5, E11, E12 y E16; sin embargo, hacia la zona suroccidental del Caribe colombiano, tiende a aumentar su abundancia porcentual en la comunidad (Figura 12). Los dinoflagelados, mostraron baja abundancia porcentual, hasta llegar a estar ausentes en la zona nororiental; no obstante, tienden a aumentar su abundancia hacia la zona suroccidental. A 20 de profundidad, en pocas estaciones y con baja abundancia

porcentual, se observaron otros grupos como cianobacterias (E6, E7), silicoflagelados (E4, E6) y euglenófitos (E6).

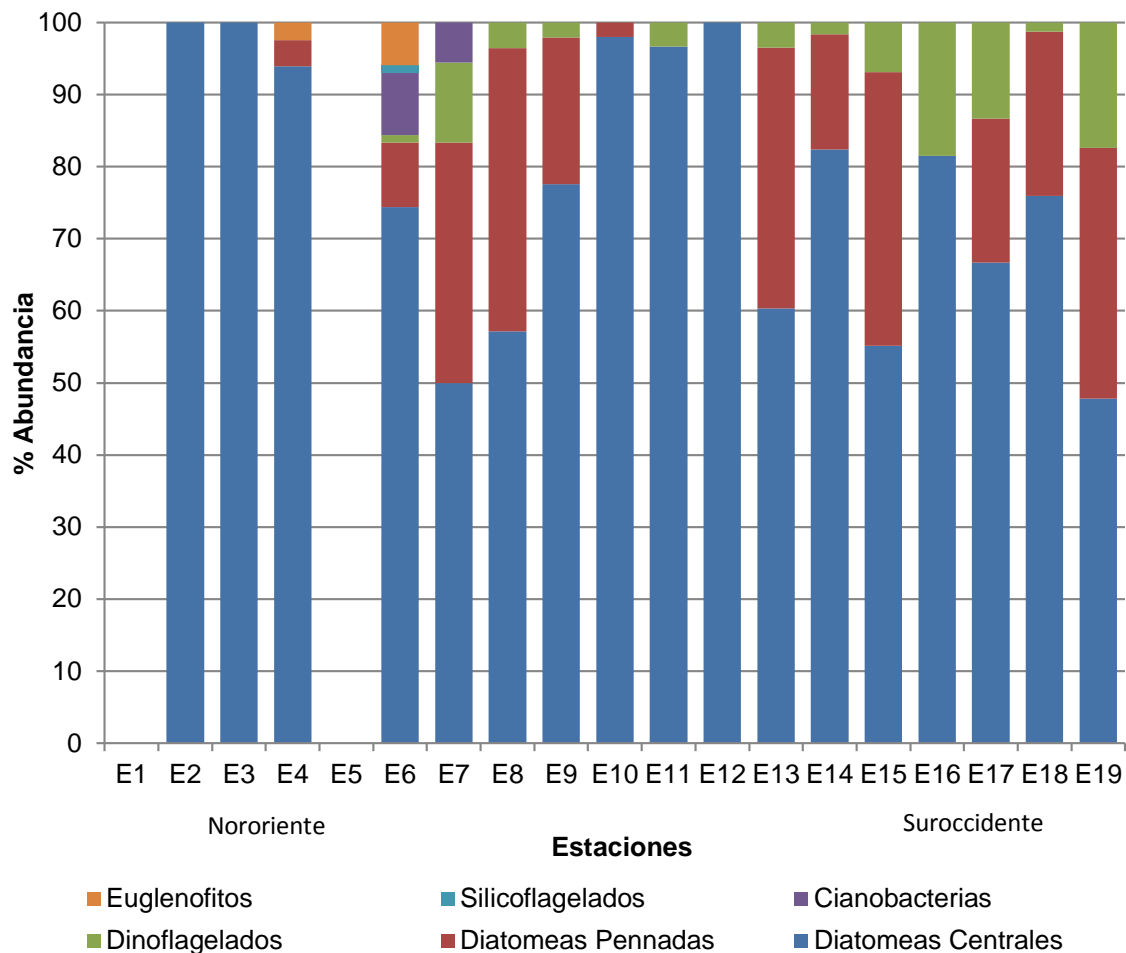


Figura 12. Abundancia porcentual de grupos fitoplanctónicos identificados en las estaciones de muestreo a 20 m de profundidad.

7.2.4. Análisis de distribución horizontal de la comunidad.

El dendrograma formó cuatro grupos (Figura 13) distribuidos así: zona noroccidental (Grupo I), áreas de influencia de Ríos Ranchería y Magdalena (Grupo II), zona suroccidental (Grupo III) y Golfo de Urabá (Grupo IV). Sin embargo, se observó gran heterogeneidad de la comunidad fitoplanctónica dentro de las zonas del Caribe colombiano, principalmente en la zona nororiental, donde se formó el “Grupo I” (E1 y E2); no obstante las estaciones E3 y E5 fueron poco similares a las anteriormente mencionadas. Otra estación de la zona nororiental, ubicada en área de influencia del Río Ranchería, formó el “Grupo II” en conjunto con la estación E6, la cual es influenciada por aguas del Río Magdalena.

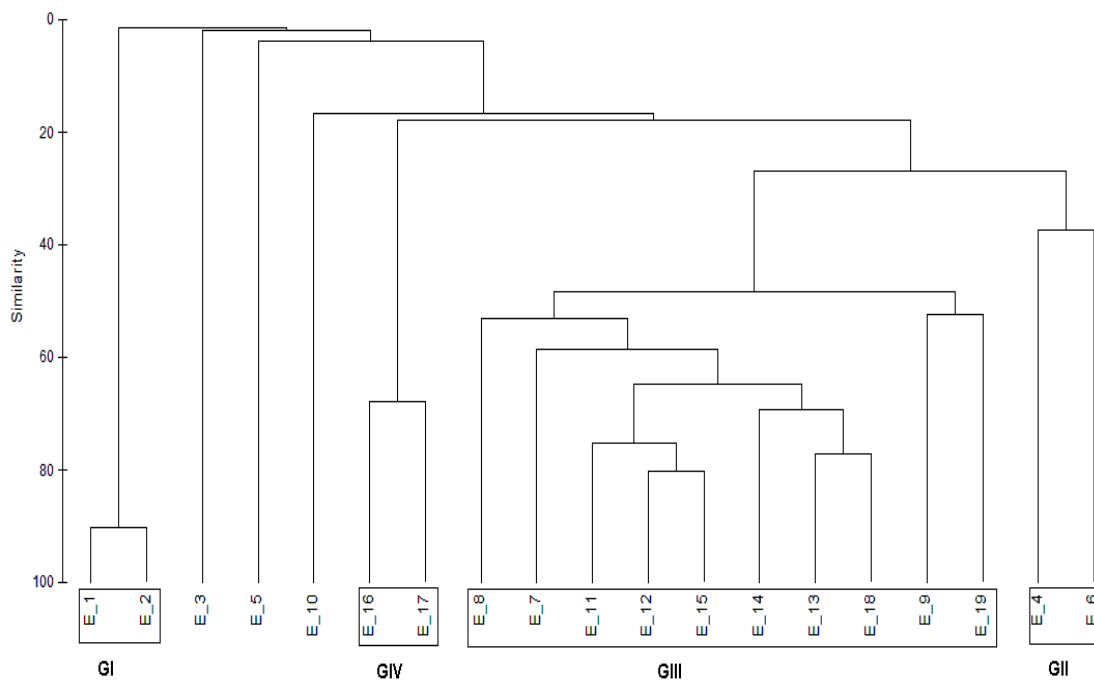


Figura 13. Dendrograma entre las estaciones de muestreo con base en datos de abundancia de especies a 5 m de profundidad, utilizando el índice de similitud Bray-Curtis. El criterio de formación de los grupos fue el 40% de similitud (Lozano-Duque *et al.*, 2010a).

Pese a lo observado en otras áreas, la zona central y sur occidental mostraron altos valores de similitud entre sus estaciones (Grupo III). De igual forma, la ordenación de estaciones en la zona central (E7, E8, E11 y E12) y estaciones en cercanías al golfo de Urabá (E13, E14 y E18) exhibió gran similitud en la comunidad fitoplanctónica de estos sitios, a excepción E10 ubicada frente de Islas del Rosario. Además, las estaciones E16 y E17 (Grupo IV) ubicadas en el golfo de Urabá, fueron muy similares mostrando que la comunidad fitoplanctónica en esta zona posee diferencias con las demás zonas del Caribe colombiano (Figura 13).

Por otra parte, el dendrograma construido con las estaciones a 20 m de profundidad (Figura 14), formó 5 grupos, en los cuales se observó alta heterogeneidad dentro de las zonas y no existió un patrón espacial definido como se notó en el dendrograma de 5 m de profundidad.

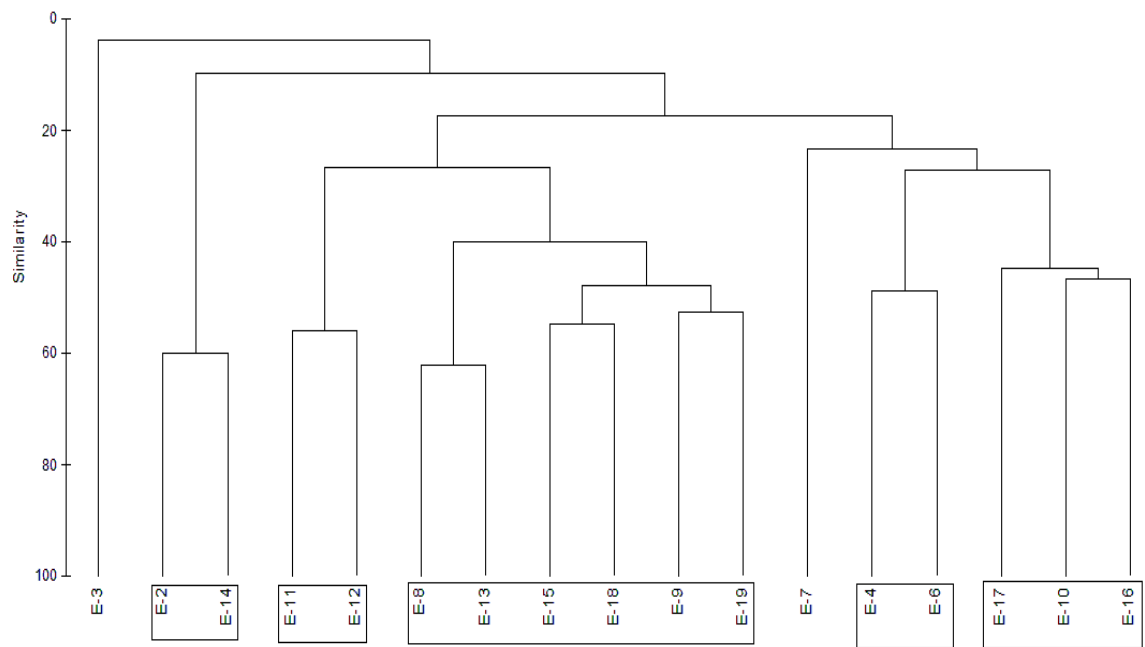


Figura 14. Dendrograma entre estaciones de muestreo con base a los datos de abundancia de especies a 20 m de profundidad, utilizando el índice de similitud Bray-Curtis. El criterio de formación de los grupos fue el 40% de similitud (Lozano-Duque *et al.*, 2010a).

8. Discusión.

8.1. Riqueza y abundancia del fitoplancton en el Caribe Colombiano.

En el presente trabajo fueron identificados 65 taxa en total, un número considerablemente menor respecto a las 5500 especies fitoplanctónicas registradas en los ecosistemas marinos del mundo (Sournia *et al.*, 1991; Guiry y Guiry, 2011). En áreas oceánicas y costeras del Caribe y el Golfo de México han sido reportadas cerca de 550 spp. de fitoplancton en total (Margalef, 1969; López-Baluja *et al.*, 1992), en el Caribe colombiano 523 spp. han sido registradas en áreas oceánicas y costeras de los grupos más frecuentes: 337 spp. de diatomeas y 186 spp. de dinoflagelados (Lozano-Duque *et al.*, 2010c; Lozano *et al.*, 2011).

No obstante, se debe mencionar la influencia en los resultados originado por el tipo de muestreo empleado en la investigación. Es así, cómo estudios en el Caribe colombiano, desarrollados en aguas costeras y con metodología arrastre de red (Vidal *et al.*, 2001; Ramos, 2005; Vásquez, 2006; Lozano-Duque *et al.*, 2010a; Osorio-Cardoso, 2010), han reportado mayor número de taxa a los encontrados en estaciones oceánicas en la época seca del 2011 (Tabla 3). En tanto, estudios en áreas oceánicas y muestreo elaborado con botella (Tigreros, 2001; Campos-González, 2007; Ramírez-Barón, 2010), obtuvieron resultados análogos a los encontrados en éste estudio (Tabla 3). En ese orden de ideas, las zonas costeras del Caribe colombiano poseen comunidades fitoplanctónicas con mayor riqueza de especies a las encontradas en áreas oceánicas en el periodo seco del 2011.

De acuerdo a lo anterior, aun cuando se presenta menor riqueza de especies debido al menor volumen filtrado en los muestreos con botella respecto a los arrastres realizados con red, el muestreo con botella, es una de las metodologías de muestreo oceanográfica estándar con reconocimiento científico en temas de oceanografía biológica, debido a la multiplicidad de usos en la obtención de muestras en la columna de agua y también por su precisión y exactitud en la determinación de la abundancia celular (UNESCO, 1978; UNESCO, 2010).

En el océano, cuantiosos factores afectan la distribución y abundancia de las especies fitoplanctónicas, se han documentado en trabajos como los de Balech (1977) Boyd y Smith (1983), Arrigo (2005), Arévalo y Franco (2008) y Calliari *et al.* (2009). Por tal razón, se reconocen en éste trabajo cuatro, que posiblemente incidieron en los resultados, con base en información secundaria del área de estudio. El primero, la concentración de nutrientes, dado que ambientes oceánicos pueden tener menor concentración de nutrientes comparado con los encontrados en aguas costeras (Hernández *et al.*, 2005; Vivas-Aguas *et al.*, 2010), limitando el crecimiento fitoplanctónico (Richmond, 1986; Mann, 2006). Lo anterior fue reflejado en baja abundancia y riqueza fitoplanctónica hallada en las estaciones oceánicas de la investigación respecto a otros trabajos desarrollados en las zonas costeras del Caribe colombiano (Tabla 3). Además, no se observó ninguna diferencia o tendencia en la comunidad fitoplanctónica entre las estaciones analizadas y su distancia a la línea de costa.

El segundo factor se relaciona con la influencia del drenaje continental al Mar Caribe colombiano y sus fluctuaciones entre las épocas climáticas, debido a grandes contribuciones en sedimentos, nutrientes y materia orgánica de los ríos más caudalosos de la región (Río Magdalena, Atrato, Sinú y Ranchería) y su trascendencia en las comunidades biológicas a escalas regionales. El Río Magdalena es el principal drenaje continental de sedimentos y nutrientes a las aguas del Mar Caribe colombiano, contribuyendo al desarrollo de la biomasa fitoplanctónica marina con mayor influencia en áreas cercanas a su desembocadura (Cañón-Páez y Santamaría, 2003; Vivas-Aguas *et al.*, 2010), razón por la cual fue encontrada la mayor abundancia en su área de influencia (E6). Además, el aporte continental fue factor determinante en la distribución horizontal del fitoplancton en el Caribe Colombiano en la época seca del 2011, el cual se tratará más a fondo en el apartado 10.2.

Tabla 3. Cuadro resumen de publicaciones y resultados en comunidades fitoplanctónica del Caribe colombiano.

Sitio	Tipo de agua	Publicaciones	Muestreo	Taxa en total	Cel/L	Margalef	Shannon	% Diatomeas dominantes
Ensenada de Gaira	Costera	Torres-Sierra (2007)	Botella 3L	100	7044-344	2,35-2,9	2.25 - 3.96	85
Bahía de Changué y Concha	Costera	Tigres (2001)	Botellas 6,5 L	30	1000-229	N/C	N/C	>70
Península de La Guajira	Océánicas	Duarte (1996)	Arrastre red y fluxómetro	69	N/R	N/R	N/R	>65
Bahía de Neguanje	Costera	Caicedo (1975)	Red 90 micras poro	64	N/C	N/C	N/C	>70
Bahía de Cispata	Estuarinas	Vásquez (2006)	Red 30 micras poro	620	664 - 5'488517	1-15,9	2.02 - 6.34	80
Magdalena	Océánicas y costeras	Ramírez-Barón (2010)	Botella 6L	51	5926-36137	0,5-2,4	0.65 - 2.42	>90
San Andrés	oceánicas	Campos-González (2007)	Balde 2 L y Red 50 micras de poro	46	325-1428	0,95-2,81	1,6-3,1	>70
Bahía de Santa Marta	Costera	Ramos (2005)	Red 64 micras y Botellas 1L	388	16455-21'000000	N/C	2,1-1	60
Bahía de Cartagena	Costero-estuarino	Osorio-Cardoso (2010)	Botella 6 L	194	325-163000	0,78-3,6	0,6-2,8	>90
Ciénaga Grande Santa Marta	Estuarinas	Vidal <i>et al.</i> , (2001)	N/E	184	100000-10^11	N/E	N/E	N/E
Caribe colombiano	Océánicas	Lozano-Duque <i>et al.</i> (2010a)	Red 20 micras poro	198	N/C	N/C	1,08-4,54	50-60
Caribe colombiano	Océánicas	Presente trabajo	Botella 3L	65	67-7983	0-2,6	0-2,225	50-80

El tercer y cuarto factor fueron la temperatura y salinidad en las aguas oceánicas, dado que pueden determinar la abundancia y riqueza del fitoplancton (Lalli y Parsons, 1997; Mann, 2006); tal es así, que en situaciones de alta temperatura superficial “El Niño” en el Pacífico colombiano, las diatomeas tuvieron declive en su riqueza y abundancia; por el contrario, los dinoflagelados en la misma situación, tienden al aumento en riqueza y abundancia (CCCP, 2007; Rojas-Higuera, 2007). De la misma manera, en el Golfo de California, en donde existe estacionalidad climática, ha sido observada una dinámica similar; las diatomeas son dominantes en las aguas frías de otoño e invierno y los dinoflagelados lo son en las aguas cálidas de verano; esto se debe, a que el incremento de la temperatura del mar, es una condición propicia para el desarrollo de algunas especies de dinoflagelados (Antonietti *et al.*, 1993; Segar, 1998);

no obstante, en el Caribe colombiano no ha sido probado. Por otra parte, no existe una correlación definida entre la abundancia del fitoplancton y la salinidad, sin embargo Rojas-Higuera (2007), en el Pacífico colombiano, observó que la abundancia de diatomeas es baja en salinidades de 33.5 y aumenta a medida que la salinidad disminuye. En el Caribe colombiano, la tendencia en la temperatura superficial marina –TSM en la zona nororiental ha mostrado TSM bajas (TSM media 27,06°C), aumentando gradualmente hacia la zona suroccidental (28,37°C); por el contrario la salinidad ha tenido tendencia en valores elevados en la zona nororiental (36,5±1) disminuyendo hacia el suroccidente (34±1) (Bernal *et al.* 2006; Arévalo y Franco, 2008; Lozano-Duque *et al.* 2010b). Los factores mencionados anteriormente, sumado al transporte de organismos planctónicos que ejerce la corriente Caribe en la zona nororiental hacia el noroccidente, puede dar explicación de la menor abundancia del fitoplancton encontrada en la zona nororiental; así como de la mayor abundancia del fitoplancton y presencia de dinoflagelados en la zona suroccidental.

Por otra parte, la riqueza y dominancia de las diatomeas centrales fue notoria en los diferentes sitios contemplados y en su distribución vertical durante la totalidad de la investigación, debido a su conocida capacidad y efectividad de aprovechar ofertas de NO₃ y NO₂, en comparación con especies de flagelados (Iriarte *et al.*, 2007) y a sus características morfologías que les permiten adaptarse a los múltiples ambientes marinos (Tomas, 1997).

Dentro del grupo de las diatomeas encontradas en éste trabajo, es notable la riqueza y abundancia de las formas coloniales, en especial *Chaetoceros curvisetus* y *Leptocylindrus* sp., pues al parecer presentan ventajas al aumentar la fricción en el agua, disminuyendo la velocidad de sedimentación acompañada de alta eficiencia en términos de captación de luz e incorporación de nutrientes (Balech, 1977; Tomas, 1997). En el Caribe colombiano, *C. curvisetus* ha sido reportada en el noreste de la Guajira (Duarte, 1996), Bahía de Cartagena (Vidal y Carbonell, 1977; Arias y Durán, 1982; Arias y Durán, 1984), Islas del Rosario (Carbonell, 1979), Providencia (Márquez y Herrera, 1986) y Bahía de Taganga (Cárdenas-García, 2012), pero no fue dominante en la comunidad de estos sitios; sin embargo en las aguas oceánicas del Caribe colombiano en la época seca del 2011, fue la especie más frecuente y abundante de la comunidad fitoplanctónica.

La presencia de las diatomeas centrales en áreas oceánicas del Caribe colombiano, fue mayor que otros grupos; esto puede verse reflejado en su dominancia en estaciones y profundidades contempladas en el presente estudio (5 m, 20 m, 50 m, 100 m). De igual forma, estudios publicados en el Caribe colombiano (Caicedo, 1975; Duarte, 1996; Tigreros, 2001; Ramos, 2005; Torres-Sierra, 2007; Campos-González, 2007; Ramírez-Barón, 2010), reportan diatomeas centrales como especies dominantes (Tabla 3). Sin embargo, Lozano-Duque *et al.* (2010a), quienes realizaron muestreos en áreas oceánicas del Caribe colombiano, en el período de transición (Junio-Julio) del año 2008, encontraron mayor número de especies de dinoflagelados, pero la mayor abundancia porcentual fue contribuida por diatomeas centrales, entre un 50-60% de las células encontradas. Desafortunadamente la abundancia no fue determinada en ese trabajo, lo cual habría sido un punto de referencia importante para la investigación.

El segundo grupo en importancia en riqueza y abundancia fueron los dinoflagelados; esto gracias a su gran capacidad de adaptación a los ambientes marinos, siendo el grupo con mayor capacidad de desplazamiento dentro del fitoplancton, sus características morfológicas y requerimientos nutritivos los hacen exitosos desde el punto de vista reproductivo en aguas tropicales; en donde la estabilidad en la columna de agua es mayor y la concentración de nutrientes más baja. Sin embargo, generalmente ocupan un lugar secundario en abundancia y riqueza respecto a las diatomeas (Tomas, 1997; Llorente y Cereceda, 2001).

Otros grupos como las cianobacterias, silicoflagelados y euglenófitos fueron escasos en la mayoría de las estaciones; la poca presencia de cianobacterias pudo ser causada debido a que gran parte de las especies pertenecientes a éste grupo, tienen tamaños comprendidos entre 0,2 - 2 μm (Lozano-Duque *et al.*, 2010a; Guiry y Guiry, 2011), no siendo retenidas por el poro de malla de 20 μm ; por lo tanto, se desconoce la riqueza y abundancia de los microorganismos que comprenden dichos tamaños en el presente trabajo como en muchos de los realizados anteriormente en el Caribe colombiano, que han utilizado redes planctónicas. Los silicoflagelados y los euglenófitos son considerados escasos en el fitoplancton marino (Tomas, 1997;), los primeros son un grupo característico de aguas frías o profundas, conociéndose pocas especies alrededor del mundo y los euglenófitos son indicadores de sitios contaminados o con grandes cantidades de carga orgánica generalmente asociadas a cuerpos de aguas continentales (Sládecek, 1973; Margalef, 1983; Tomas, 1997). Lo anterior, soporta el hallazgo único de euglenófitos en la estación E6, ubicada en la zona de influencia de la pluma del Río Magdalena a 5 y 20 m de profundidad.

Se reportan por primera vez para el Caribe colombiano a una profundidad de 100 m *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema costatum*, *Anabaena* sp., *Pseudosolenia* sp., *Coscinodiscus granii*, *Ceratium tripos* y *Podolampas* sp.; cuyas adaptaciones las condicionan a colonizar espacios oceánicos profundos y limitados de luz debido su capacidad de captar fotones entre los 400-500 nm, gracias a sus pigmentos (betacarotenos, fucoxantinas, diatoxantinas, diadinoxantinas, fucoxantinas y xantofilas) que conjuntamente con las clorofilas, optimizan las tasas de absorción fotónica, haciendo más eficaz la fotosíntesis, con las longitudes de ondas disponible (Kirk, 1993; Tomas, 1997; Lalli y Parsons, 1997; Fujiki y Taguchi, 2001).

La variación vertical de la comunidad fitoplanctónica en la columna de agua, observada en las estaciones, es atribuida a la absorción por parte del material particulado suspendido (fotosintético y no fotosintético) (Macías-Carballo, 2010), lo que condiciona la distribución vertical de las especies fitoplanctónicas. En el océano, cuando el agua contiene pocas partículas en suspensión, como en la mayoría de las aguas oceánicas evaluadas en este estudio; las radiaciones azules (450nm) penetran a mayor profundidad, y pueden llegar hasta 400 metros (Lalli y Parsons, 1997). Por el contrario, en aguas con tendencia a ser turbias, por influencia continental como en E4, E5, E6, E16 y E17, las radiaciones verdes (530nm) y amarillas son las que generalmente penetran mas; las primeras hasta un máximo de 200 metros y las segundas hasta 100 metros; mientras que las rojo-anaranjadas (650-700nm) y las violetas (400nm) solamente llegan hasta 20 metros de profundidad en las aguas del trópico (Lalli y Parsons, 1997). Desafortunadamente, para el Caribe colombiano no se

cuentan con publicaciones en donde se trate este tema, menos aún, si se quiere relacionar con la comunidad fitoplanctónica; por lo tanto, existe un vacío de información y puede ser oportunidad para generar investigación en oceanografía biológica en la región.

Leal *et al.* (2001) y López-Baluja *et al.* (1978) plantearon que no existieron diferencias en la distribución vertical del fitoplancton entre los períodos secos y lluviosos en aguas oceánicas de Cuba, en donde se registraron las mayores concentraciones por encima de los 75 metros. No obstante, en las áreas oceánicas del Caribe colombiano, en la época seca del 2011, evaluadas en ésta investigación, sí fueron halladas diferencias en la distribución vertical en riqueza y abundancia fitoplanctónica, siendo mayor en las aguas superficiales (5 y 20 m). Lo anterior concordó con los resultados encontrados en aguas tropicales en Dakar (Averina, 1968), Golfo de Guinea (Vinogradova, 1971), aguas tropicales oceánicas del Atlántico (Semina y Chiong, 1974), Caribe Venezolano (Díaz y Martín, 2005), Golfo de California (Verdugo-Díaz, 2010) y el Atlántico sureste (Calliari *et al.*, 2009); que también hallaron la presencia de mayor abundancia en el nivel de 0 a 25 metros.

En el Caribe colombiano no se encontraron análisis entorno a este tópico. Sin embargo, con estimadores de biomasa fitoplanctónica (Clorofila-a y otros pigmentos) se han obtenido valores máximos en aguas más profundas en San Andrés (35-45 m) (Campos-Gonzalez *et al.* 2011), el Golfo de México (82 - 120 m), el Gran Caribe (60 – 100 m) (Signoret *et al.*, 1998), Atlántico (80-100m) (McManus y Dawson, 1994) y noreste del Mediterráneo (80 m) (Estrada *et al.*, 1993). Resultados que presentan contraste con el estudio de Franco-Herrera *et al.* (2006), a 5 m de profundidad, en el Golfo de Salamanca y lo encontrado en la presente investigación. Lo anterior está relacionado directamente con el tamaño de los microorganismos observados en las muestras, pues solo fueron contemplados los tamaños pertenecientes al microplankton ($>20\ \mu\text{m}$). Por el contrario el nanoplankton (2-20 μm) y el picoplankton (0,2-2 μm) no fueron considerados, debido al método empleado de preparación y observación de las muestras; caso contrario, el análisis de clorofilas, estima el principal pigmento fotosintético (Chl-a) en una muestra de agua, independientemente del tamaño de la célula.

8.2. Atributos y distribución horizontal de la comunidad fitoplanctónica en el Caribe colombiano.

En el área de estudio fueron establecidas diferencias espaciales en materia de índices ecológicos en diversidad de Margalef, Shannon y Simpson. En el área de estudio, índices de Margalef reportados por Torres-Sierra (2007), Campos-González (2007) y Ramírez-Barón (2010), en aguas costeras y oceánicas en la ensenada de Gaira, San Andrés y el Magdalena respectivamente, presentaron valores semejantes en diversidad a los encontrados en ésta investigación (Tabla 3), lo que indicó baja diversidad biológica en la comunidad fitoplanctónica en aguas oceánicas del Caribe colombiano para el período muestreado y en estudios anteriores. Sin embargo, en aguas estuarinas del Golfo de Cispatá, Vásquez (2006) registró valores ≥ 0 hasta 15,9 representando una alta diversidad biológica en la comunidad del sitio. Al comparar

éste último valor de diversidad de Margalef con resultados de la comunidad fitoplanctónica en la época seca, en el Caribe colombiano, en el año 2011, los encontrados fueron muy bajos (0 - 2,6).

El índice de Shannon-Wiener mostró valores entre 0 y 2,2 indicando alta heterogeneidad de la comunidad fitoplanctónica, Margalef (1982), manifestó que en zonas oceánicas el índice de Shannon-Wiener debería presentar valores entre 3,5 y 4,5. De igual manera, Lozano-Duque *et al.* (2010a) en aguas oceánicas del Caribe Colombiano en el período de transición (Junio-Julio del 2008) presentó valores acordes a lo sugerido en Margalef (1982) (Tabla 3). Sin embargo, los hallados en el Caribe colombiano, en la época seca, fueron inferiores a los esperados en estos sitios, haciendo ver que en el período seco (Febrero-Marzo del 2011) la diversidad de la comunidad fitoplanctónica fue menor a la encontrada en el período de transición por Lozano-Duque *et al.* (2010a). Lo anterior, pudo estar ligado a las condiciones océano-atmosféricas de cada período climático y la dominancia de las formas coloniales de las diatomeas centrales *Chaetoceros curvisetus* y *Leptocylindrus* sp; sin embargo, se requieren estudios que involucren éstas variables para poder determinar con certeza lo enunciado.

En aguas oceánicas del Caribe colombiano, en época seca del año 2011, fue encontrada menor abundancia y riqueza de taxa en la zona nororiental, aumentando progresivamente hacia la zona suroccidental con pico máximo en el área de influencia del Río Magdalena (Tabla 2). Éstos resultados descriptivos, fueron validados por el análisis de riqueza y abundancia en cada uno de los sitios, confrontados mediante el índice de diversidad Bray-Curtis; así fueron identificadas claramente cuatro zonas en el área de estudio: zona nororiental, áreas de influencia de Ríos Ranchería y Magdalena, zona suroccidental y Golfo de Urabá; además, tres estaciones que mostraron disimilitud entre sí y con los grupos (Figura 13). Como único antecedente de estudios de sectorización de la comunidad fitoplanctónica en el Caribe colombiano, se tiene el trabajo de Lozano-Duque *et al.* (2010a), quienes en aguas de la región, en el período de transición del año 2008, identificaron dos grupos; el primero formado por las estaciones de la zona nororiental y el segundo por estaciones ubicadas en zona suroccidental, este último formado por dos subgrupos, dada la alta similitud entre estaciones de la zona central y la zona suroccidental del área de estudio, de esta forma, haciendo ver que las comunidades fitoplanctónicas, si bien poseían similitudes, podrían representar geográficamente dos comunidades diferentes.

La comunidad fitoplanctónica hallada en la zona suroccidental en ésta investigación, fue homogénea en composición y abundancia con relación a la encontrada en la misma zona en el período de transición por Lozano-Duque *et al.* (2010a). Esta zona del Caribe colombiano es reconocida por tener condiciones típicas de mares tropicales (Lozano-Duque *et al.* 2010b), allí dominaron las especies *Chaetoceros peruvianus* y *Chaetoceros curvisetus*, comúnmente asociadas a éste tipo de condiciones (Guiry y Guiry, 2011).

La sectorización ocasionada en aguas de la zona suroccidental respecto a las demás del Mar Caribe colombiano es ocasionada por el sistema general de corrientes de la Cuenca Colombia, del cual hacen parte el Giro Panamá Colombia-GPC y CPC; ésta última con amplia influencia principalmente en la época lluviosa con el movimiento de

grandes volúmenes de aguas desde Cabo Tiburón en el suroccidente, hasta la península de La Guajira en el nororiente. No obstante, en el período seco, la intensidad de los vientos alisios le resta potencia, generando turbulencias en aguas superficiales e intermedias hasta aproximadamente los 100 m de profundidad, evitando la estratificación térmica, homogenizando la zona (Andrade y Barton, 2005; Lozano-Duque *et al.*, 2010b), lo que le da características únicas en el Caribe colombiano, manifestado en la composición y abundancia similar de la comunidad fitoplanctónica hallada en las estaciones de la zona en la época seca.

En el nororiente del Caribe colombiano, han sido reportados bajos valores de riqueza y abundancia de especies fitoplanctónicas (Duarte, 1996; Lozano-Duque *et al.*, 2010a), en comparación a la zona suroccidental; tales resultados fueron similares a los obtenidos en la misma zona en la época seca del 2011; lo cual pudo originarse por el transporte de partículas, hacia el occidente, por la influencia de la corriente Caribe-CC (Lozano-Duque *et al.*, 2010b) y la dominancia de *Leptocylindrus* sp en las estaciones E1 y E2 en conjunto con afloramientos, producto de fuertes vientos alisios que dominan la época seca, estableciendo aguas superficiales con alta salinidad (36-37) y baja temperatura superficial del agua (22-25 °C) (Bula-Meyer, 1985; Duarte, 1996; Manjarres *et al.*, 2005). Sin embargo, los puntos de afloramientos de agua en la zona nororiental del Caribe colombiano, se consideran oligotróficos (Blanco, 1998), en contraste con otros puntos de surgencia encontrados en otras partes del mundo, debido a que su concentración de nutrientes (NO_3) es aproximadamente 2,4 μM (Corredor, 1979; Duarte, 1996), mientras en puntos de surgencia frente a Chile, Perú y África se presentan valores de 20 μM , 18 μM y 14 μM respectivamente (Margalef, 1982; Snelgrove, 2001; Graco *et al.*, 2007). Los factores anteriormente mencionados pudieron tener influencia en la poca a abundancia y riqueza fitoplanctónica encontrada en la zona nororiental del área estudio.

Zonas de influencia directa de los afluentes continentales (Grupo II), mostraron la mayor riqueza y abundancia en el período de estudio, por razones ya mencionadas en el apartado 10.1. Allí fueron abundantes *Chaetoceros curvisetus* y *Anabaena* sp., este último taxón asociado a aguas continentales y ricas en formas de nitrógeno y fósforo (Guiry y Guiry, 2011) que pueden estar siendo aportadas por los Ríos Ranchería y Magdalena (Vivas-Aguas *et al.*, 2010), lo que ejerció una fuerte influencia continental y cambios en la comunidad fitoplanctónica del sitio, según los resultados hallados.

La comunidad fitoplanctónica del golfo de Urabá presentó diferencias respecto a las demás zonas del Caribe colombiano, esto se debe al aporte continental del Río Atrato en las aguas superficiales y la posible baja influencia de la Contracorriente Panamá Colombia-CPC sobre el Golfo (Molina, 1992; Chevillot *et al.*, 1993; Lonin y Vásquez, 2005; Montoya y Toro, 2006). Condiciones que se ratificaron con la dominancia del taxón *Alexandrium* sp., encontrado en la zona, el cual es indicador de aguas superficiales con temperaturas altas asociadas a posibles estratificaciones térmicas y aportes de nutrientes con origen continental (Rojas-Higuera, 2007). Lo anterior, pudo caracterizar las estaciones muestreadas dentro del Golfo, formando el grupo IV en el análisis horizontal, diferenciándose de las estaciones cercanas al Golfo pertenecientes al grupo III (E15, E18 y E19), que conformó la zona suroccidental del Caribe Colombiano.

También se presentaron diferencias en la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en las estaciones E3, E5 y E10, con los demás grupos y entre sí (Figura 13). En E3 solo se encontró un taxón (*Anabaena* sp.) con 100 Cel/L en abundancia total, en E5 dos taxa (*S. costatum* y *C. contortum*) con 67 Cel/L de abundancia total y E10 tuvo el segundo índice mayor de Margalef (2,6). Sin embargo, la dominancia de taxa de diatomeas centrales *Chaetoceros danicus*, *Chaetoceros tenuissimus* y *Thalassionema bacillarie* solo se observó en esta; por tal razón fue diferente a las demás estaciones analizadas.

Los resultados en la distribución horizontal hallados en áreas oceánicas del Caribe Colombiano, en la época seca del año 2011, correspondieron en gran medida a lo encontrado en Lozano-Duque *et al.*, (2010a) a pesar que se utilizaron redes como instrumento de muestreo del fitoplancton. En ese orden de ideas, se demostró la obtención de resultados análogos, en estudios espaciales de distribución de la comunidad fitoplanctónica, en espacios oceánicos del Caribe colombiano, utilizando metodologías de muestreo diferentes.

9. Conclusiones.

- Las diatomeas, específicamente las diatomeas centrales, fueron los grupos con mayor riqueza y abundancia en la época seca en el Caribe colombiano; seguido de los dinoflagelados, las cianobacterias y con muy poca incidencia de silicoflagelados y euglenófitos.
- La comunidad fitoplanctónica, en el período seco, mostró diferencias en riqueza y abundancia respecto a la comunidad encontrada por Lozano-Duque *et al.* (2010a), en el período de transición en áreas oceánicas del Caribe colombiano, siendo *Chaetoceros curvisetus* y *C. peruvianus* las especies más abundantes en las estaciones oceánicas estudiadas en el período seco.
- En aguas oceánicas del Caribe colombiano, la estructura del fitoplancton (20-200 μm), varió con la profundidad, en la columna de agua, en la época seca; la mayor riqueza y abundancia se encontró entre los 5 y 20 m de profundidad. En aguas más profundas, la riqueza y abundancia poseen diferencias estadísticas a las encontradas en aguas superficiales.
- La comunidad fitoplanctónica del Caribe colombiano, en la época seca del año 2011, presentó diferencias en la distribución horizontal, que permitieron evidenciar cuatro zonas geográficas: zona noroccidental, áreas de influencia de ríos Ranchería y Magdalena, zona suroccidental, y el Golfo de Urabá.
- La riqueza, diversidad y abundancia en el Caribe colombiano, en la época seca del 2011, fue mayor en las áreas oceánicas donde influyó directamente el drenaje continental del Río Magdalena. Por el contrario, en la zona nororiental del Caribe colombiano, se reportaron los valores más bajos de riqueza, diversidad y abundancia.
- Se reporta por primera vez para el Caribe colombiano, a profundidad de 100 m, la presencia de *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema costatum*, *Anabaena* sp., *Pseudosolenia* sp., *Coscinodiscus granii*, *Ceratium tripos* y *Podolampas* sp. Por otra parte, a 300 m de profundidad no fue encontrada ninguna especie fitoplanctónica.

10. Recomendaciones.

- Se recomienda la realización de estudios sobre la comunidad fitoplanctónica en la época lluviosa en las aguas oceánicas del Caribe colombiano, con una metodología de muestreo integrada; es decir, que se tomen muestras con red para una mejor aproximación a riqueza de la comunidad y la utilización de botella con el fin de determinar la densidad celular de la comunidad y no por separado como se ha venido haciendo hasta el momento.
- La inclusión de iniciativas de estaciones fijas en áreas estratégicas de monitoreo, permitirá analizar las variaciones espaciales y temporales de la comunidad, lo que ofrecerá, a su vez, herramientas en la toma de decisiones referente al manejo de las áreas con respecto a la biodiversidad marina en Colombia.
- Se recomienda que para futuros estudios se consideren variables adicionales como biovolúmenes, coeficientes de absorción del fitoplancton, concentración vertical de la clorofila y parámetros fisicoquímicos; para complementar y entender de una forma más aproximada la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica del Caribe colombiano.

11. Bibliografía.

- Andrade, C. (1993). Análisis de la velocidad del viento sobre el Mar Caribe (Analysys of the surface wind over Caribbean Sea). *Boletín científico CIOH* (13), 33-44.
- Andrade, C., & Barton, E. (2005). The Guajira Upwelling System. *Continental Shelf Research*, 25, 1003-1022.
- Andrade-Amaya, C., Barton, E., & Mooers, C. (2003). Evidence for an Eastward flow along the central and South America Carribbean coast. *Journal of Geophysical Research*, 108.
- Antonietti, E., Villanueva, P., Delgado, E., & Chang, F. (1993). Dinoflagelados indicadores del niño 1991-1992. *Boletín ERFEN*, 20-22.
- Arévalo, M., & Franco, A. (2008). Características oceanográficas de la surgencia frente a la ensenada de Gaira, Departamento del Magdalena, época seca de 2006. *Boletín de investigaciones marinas y costeras Invemar*, 37, 131-162.
- Arias, F., & Duran, J. (1984). Variación anual del fitoplancton en la Bahía de Cartagena para 1980. *Boletín científico CIOH* (5), 61-116.
- Arrigo, K. (2005). Marine microorganims and global nutrient cycles (Vol. 437). Publishing Group.
- Averina, I. (1968). El fitoplancton de la región de Dakar y Takorodi en febrero-marzo de 1961. *Academia de ciencias URSS y sociedad hidrobiológica*, 147-155.
- Badii, M., Landeros, J., & Cerna, E. (2008). Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. *Journal of Good Conscience*, 3(1), 632-660.
- Balech, E. (1977). Introducción al fitoplancton marino. Buenos Aires: Universitaria.
- Balech, E., Akselman, R., Benavides, R., & Negri, R. (1984). Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. *Revista de Investigación Pesquera*, 4.
- Begon, M., Townsend, C., & Harper, J. (2006). Ecology from individuals to ecosystems (4 ed.). Singapur: Blackwell Publishing.
- Behrenfeld, M., Randerson, J., McClain, C., Feldman, G., Tucker, C., Falkoski, P., . . . Pollack, N. (2001). Biospheric Primary Producction during an ENSO. *Science*.
- Bernal, G., Poveda, P., Roldan, A., & Andrade, C. (2006). Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la costa Caribe colombiana. *Revista Academia Colombiana de las Ciencias*, 30(115), 195-208.
- Blanco, J. (1998). Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca en la región de Santa Marta, Caribe colombiano, Tesis de Maestría. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Boyd, C., & Smith, S. (1983). Plankton, upwelling and coastally trapped waves off Peru. *Deep Sea*, 30, 723-742.
- Caicedo, I. (1975). Productividad primaria y fitoplancton en la Bahía de Neguaje Parque Nacional Tayrona, Tesis (Biólogo Marino). Santa Marta: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Calliari, D., Brugnoli, E., Ferrari, G., & Vizziano, G. (2009). Phytoplankton distribution and production along a wide enviromental gradient in south-west Atlantic of Uruguay. *Hydrobiology*, 620, 47-60.
- Campos-González, E. (2007). Fitoplancton de las Islas Providencias y Santa Catalina, Caribe colombiano, Tesis (Biólogo Marino). Santa Marta: Facultad de Biología Marina UJTL.

- Campos-González, M., Vargas, J., Franco-Herrera, A., & Medina, H. (2011). Distribución de la clorofila en aguas adyacentes a las islas de Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano. *Boletín de investigaciones marinas y costeras Invemar*, 2(40).
- Cañón-Páez, M., & Santamaría, A. (2003). Influencia de la pluma del Río Magdalena en el Caribe colombiano. *Boletín científico CIOH* (21), 66-84.
- Carbonell, M. (1979). Ceratium Schrank (Peridinales) en la Bahía de Cartagena. *Boletín científico CIOH* (2), 21-53.
- Cárdenas-García, A. (2012). Variación espacio temporal de la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de Taganga, Caribe colombiano, Tesis (Biólogo). Santa Marta: Facultad de Ciencias Básicas Universidad del Magdalena.
- Centro control de contaminación del Pacífico -CCCP. (2007). Compilación oceanográfica de la Cuenca Pacífica colombiana. Tumáco: Imágenes de la naturaleza.
- Chevillot, O., Molina, A., Giraldo, L., & Molina, C. (1993). Estudio geológico e hidrológico del Golfo de Urabá. *Boletín científico CIOH*(14), 79-89.
- Corredor, J. (1979). Phytoplankton response to low level nutrient enrichment through upwelling in the Colombian Caribbean basin. *Deep Sea Research Part A*, 26, 731-741.
- De la Hoz-Aristizábal, M. (2004). Dinámica del fitoplancton en la Ciénaga grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Boletín de investigaciones Marinas y Costeras*, 159-179.
- Díaz, M., & Martín, A. (2005). Inventario de la flora planctónica en el frente Atlántico venezolano. In *PDVSA Frente Atlántico Venezolano: Investigaciones geoambientales. Componente ciencias ambientales*.
- Duarte, G. (1996). Estructura del fitoplancton al noreste de La Guajira, Tesis (Biólogo Marino). Santa Marta: Facultad de Biología UJTL.
- Estrada, M., Marrasé, C., Latasa, M., Berdalet, E., Delgado, M., & Riera, T. (1993). Variability of deep chlorophyll maximum characteristic in the northwestern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 92, 289-300.
- Falkowski, P. (1994). The role of phytoplankton photosynthesis in global biogeochemical cycles. *Photosynthesis Research*, 235-258.
- Falkowski, P., Barber, R., & Smetacek, V. (1998). Biogeochemical controls and feedback oceanic primary production. *Science*, 200-206.
- Field, C., Behrenfeld, M., Randerson, J., & Falkowski, P. (1988). Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, 281, 237-240.
- Franco-Herrera, A., Castro, L., & Tigreros, P. (2006). Plankton dynamics in the south-central Caribbean Sea: Strong seasonal changes in the coastal tropics systems. *Caribbean Journal of Science*, 42(1), 24-38.
- Franklin, D., Corina, P., & Brussaard, J. (2006). What is role and nature of programmed cell death in phytoplankton ecology. *European Journal of Phycology*.
- Fujiki, T., & Taguchi, S. (2001). Relationship between light absorption and the xanthophyll-cycle pigments in marine diatoms. *Plankton Biology and Ecology*, 48, 96-103.
- Garay, J., Castillo, C., Andrade, J., Aguilera, L., Niño, M., De la pava, W., & Marquez, G. (1988). Estudio oceanográfico del área insular y oceánica del Caribe colombiano, Archipiélago de San Andrés y cayos vecinos. *Boletín científico CIOH* (9), 3-73.
- Gavilán, M., Cañón, M., & Tous, G. (2005). Comunidad fitoplanctónica de la Bahía de Cartagena y en las aguas de lastre de Buques de tráfico internacional. *Boletín científico CIOH*(23), 60-75.

- Gocke, K., Mancera-Pineda, J., & Vidal, L. (2003). Phytoplankton composition in coastal lagoon of different trophic status in the northern Colombian determined by microscope and HPLC-Pigments analysis. *Boletín de investigaciones marinas y costeras INVEMAR*(32).
- Gómez-Carvajal, E., Díaz-Ramos, J., & Sánchez-Suárez, I. (2000). Abundancia y biomasa del fitoplancton de la playa San Luis, Cumaná, Venezuela (Junio 1995 - Mayo 2006). *Revista ciencia*, 8, 41-50.
- Graco, M., Ledesma, J., Flores, G., & Giron, M. (2007). Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencia de la corriente de Humboldt frente a Perú. *Revista peruana de Biología*, 14, 117-128.
- Guevara, P., Buitrago, F., Hernández, H., Olaya, W., & Sandoval, W. (2005). Sedimentación de la plataforma continental y frente Atlántico del delta del Orinoco. In PDVSA, *Frente Atlántico Venezolano: Investigaciones geoambientales, componente ciencias de la tierra*.
- Guiry, M., & Guiry, G. (2011, 12 1). *Algaebase*. (National University of Ireland) Retrieved from <http://www.Algaebase.org>
- Hanneman, R., & Riddle, M. (2005). Introduction to social network methods. Riverside: University of California, Riverside (published in digital form at <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>).
- Hernández, H., Llano, M., Rincon-Alejos, F., & Arellano, A. (2005). Nutrientes y caracterización físicoquímica de las masas de agua presentes en el frente Atlántico Venezolano. In PDVSA *frente al Atlántico Venezolano: Investigaciones geoambientales, componente ciencias de la tierra*.
- Hernández-Becerril, D., & Sar, E. (2008). Marine diatoms from Buenos aires coastal water (Argentina). *Revista de Biología marina y oceanografía*, 43(2), 303-326.
- INVEMAR. (1983). Fitoplancton colectado en la Bahía de Santa Marta en agosto de 1983. Santa Marta.
- Iriarte, J., Gonzalez, H., Liu, K., Rivas, C., & Valenzuela, C. (2007). Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74, 471-480.
- Jorgensen, E. (1968). The adaptation of plankton algae: Aspects of the temperature adaptation of *Skeletonema costatum*. *Physiology Plantae*, 21, 423-427.
- Kim, K., Garbary, D., & McLachlan, J. (2004). Phytoplankton dynamics in Pomquet Harbour, Nova Scotia southern Gulf of St Lawrence. *Phycologia*, 43, 311-328.
- Kirk, J. (1993). Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystem. New York: Cambridge University Press.
- Kraberg, A., & Montagnes, D. (2004). Use of online resource in the taxonomy and ecology of harmful phytoplankton. *Phycological Research*, 52, 414-418.
- Lalli, C., & Parsons, T. (1997). Biological Oceanography: An Introduction. Butterworth-Heinemann.
- Leal, S., Delgado, G., & Nódas, F. (2001). Distribución y abundancia del fitoplancton en un área de la zona nororiental de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 23, 45-51.
- Llorente, M., & Cereceda, L. (2001). Dinoflagelados. In *Micropalantología*. Salamanca: Universidad de Salamanca Ediciones.
- Lonin, S., & Vazquez, A. (2005). Hidrodinámica y distribución de coniformes en el Golfo de Urabá. *Boletín científico CIOH* (23), 76-89.

- López-Bajula, L., Borrero, N., & Popowski, G. (1978). Distribución cualitativa y cuantitativa del fitoplancton en la plataforma de Cuba. *Academia de Ciencias de Cuba*, 48.
- López-Bajula, L., Zernova, V., & Semina, G. (1992). El fitoplancton de las aguas cubanas y del Golfo de Mexico. *Nauka Press*, 32.
- Lozano, Y., Vidal, L., & Navas, G. (2011). Lista de especies de dinoflagelados (Dinophyta) registrados en el Mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar*, 40(2), 361-380.
- Lozano-Duque, Y., Medellín-Mora, J., & Navas, G. (2010b). Contexto climatológico y oceanográfico del Mar Caribe colombiano. In *Biodiversidad del Margen continental del Caribe colombiano* (Vol. 20). Invemar Serie de Publicaciones especiales.
- Lozano-Duque, Y., Vidal, L., & Navas, G. (2010a). La comunidad fitoplanctónica en el Mar Caribe. In INVEMAR, *Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano* (Vol. 20, pp. 45-61). Santa Marta: Serie de Publicaciones Especiales.
- Lozano-Duque, Y., Vidal, L., & Navas, G. (2010c). Lista de especies de diatomeas (Bacillariophyta) registrados en el Mar Caribe. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar*, 39(1), 83-116.
- Macías-Carballo, M. (2010). Variabilidad espacial de la forma espectral del fitoplancton y su relación taxonómica en abril 2008 en la zona occidental de Baja California, Tesis (Oceanólogo). Ensenada: Universidad Autónoma de Baja California.
- MacManus, G., & Dawson, R. (1994). Phytoplankton pigment in the deep Chlorophyll maximum of the Caribbean Sea and the tropical Atlantic ocean. *Marine Ecology Progress Serie*, 113.
- Magurran, A. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton: Princeton University Press.
- Manjarrés, L., Vergara, A., Torres, J., Rodríguez, G., Arteaga, A., Viaña, J., . . . Galvis, R. (2005). Evaluación de peces demersales e ictioplancton en el Mar Caribe de Colombia, Incluyendo condiciones oceanográficas Parte 1: Crucero INPA-VECEP/UE/DEMÉR/9507 (Julio de 1995). *Revista Intrópica*, 2, 51-86.
- Mann, K. (2006). Dynamics of marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans. Blackwell Publishing.
- Margalef, R. (1969). El ecosistema pelágico del Mar Caribe. In *Separata de la memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* (32 ed.). Caracas.
- Margalef, R. (1974). Asociación o exclusión en la distribución de especies del mismo género en algas unicelulares. *Real academia de ciencias y artes de Barcelona*, 42, pp. 353-372.
- Margalef, R. (1982). *Ecología*. Barcelona: Omega.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Editorial Barcelona.
- Márquez, G., & Herrera, M. (1986). Estudios de biomasa del fitoplancton y su distribución geográfica durante el crucero Océano área 1: Levantamiento Providencia en el Caribe colombiano. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Molina, M. A., Molina, M. C., & Chevillot, P. (1992). Percepción remota aplicada para determinar la circulación de las aguas superficiales del Golfo de Urabá y las variaciones de su línea de costa. *Boletín científico CIOH* (11), 43-58.
- Montoya, L., & Toro, B. (2006). Calibración de un modelo hidrodinámico para el estudio de los patrones de circulación en el Golfo de Urabá, Colombia. *Avances en Recursos Hidráulicos*(13), 37-54.

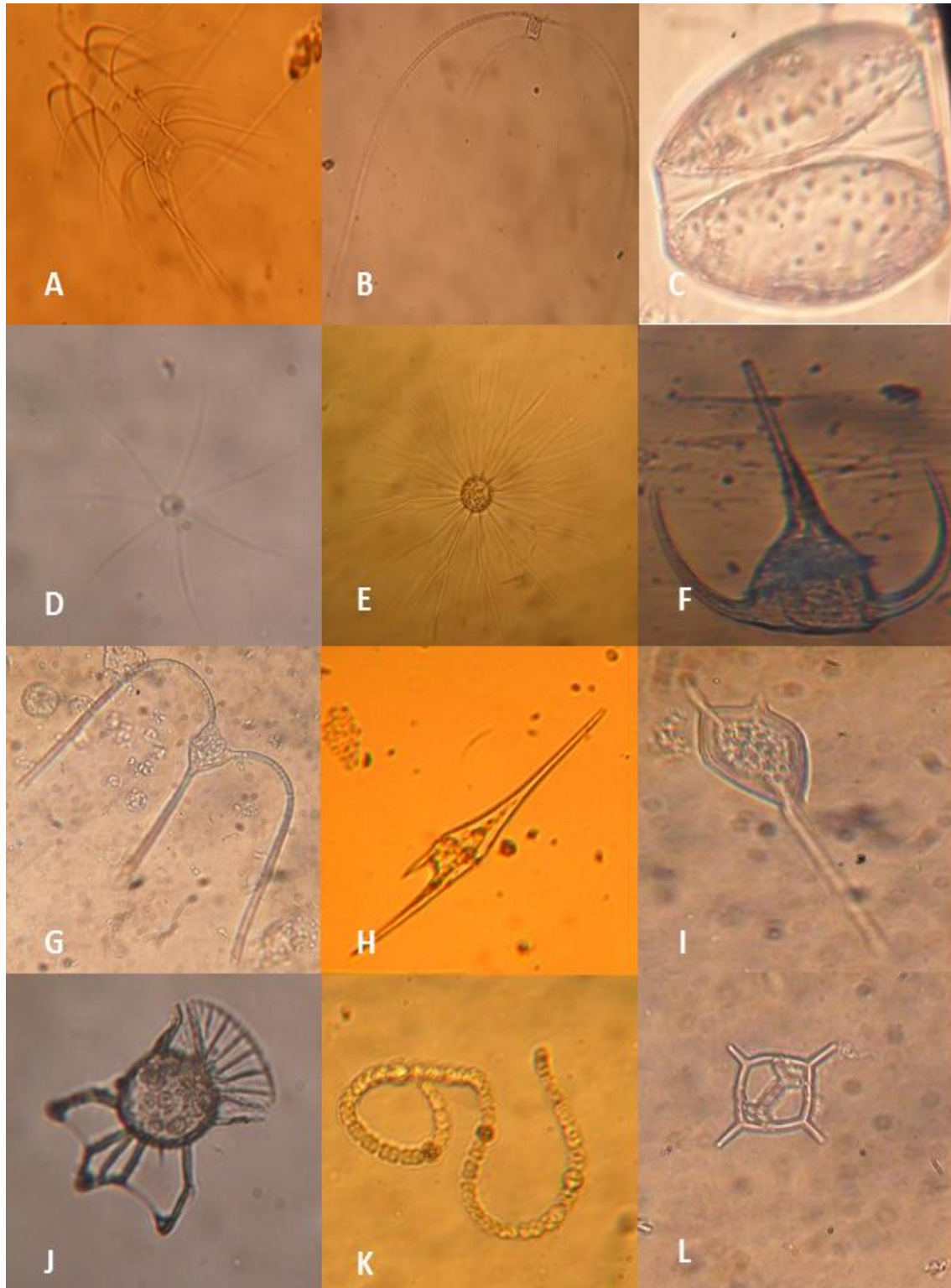
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la diversidad biológica (Vol. 1). Zaragoza: M&T - Manuales y Tesis SEA.
- Odum, E. (1965). Ecología (1 ed.). México: Editorial continental.
- Osorio-Cardozo, J. (2010). Dinámica espacio-temporal del fitoplancton en la Bahía de Cartagena y su relación con parámetros fisicoquímicos en un ciclo climático anual *Tesis (Biólogo Marino)*. Santa Marta: Facultad de Biología Marina UJTL.
- Perry, R. (2003). A guide to the Marine Plankton of the southern California. Los Angeles: OceanGlobe.
- Ramírez-Baron, J., Franco-Herrera, A., García-Hoyos, L., & López, D. (2010). La comunidad fitoplanctónica durante eventos de surgencia y no surgencia, en la zona costera del departamento del Magdalena, Caribe colombiano. *Boletín de investigaciones marinas y costeras Invermar*, 30, 233-263.
- Ramos, L. (2005). Caracterización de la comunidad fitoplanctónica de la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano Tesis (Biólogo). Santa Marta: Facultad Ciencias Básicas Universidad del Magdalena.
- Rangel, L., & Vidal, L. (2006). Fitoplancton nocivo y toxico presente en las aguas de lastre de los buques que arriban al Puerto de Santa Marta, Caribe colombiano. *Boletín científico CIOH* (26), 179-186.
- Richmond, A. (1986). A cell response to environmental factors. In *Handbook of microalgal mass culture*. Boca raton, Florida: CRC Press Inc.
- Rojas-Higuera, P., & Ortiz, J. (2007). Comportamiento del fitoplancton durante eventos ENOS en el Océano Pacifico colombiano. *Revista de ingeniería de los recursos naturales y del ambiente* (6), 5-15.
- Rost, B., Zondervan, I., & Wolft-Galadrow, D. (2008). Sensitivity of phytoplankton to future changes in ocean carbonate chemistry: current knowledge, contradictions and research directions. *Marine Ecology Progress Series*, 373, 81-88.
- Segar, D. (1998). Introduction to ocean sciences. New York: Wadsworth Publishing Company.
- Semina, H., & Chiong, A. (1974). Circulación costera del fitoplancton, composición por especies y distribución del plancton oceánico. *Trudi Vses Gudrobiol.*, 3-71.
- Sigoret, M., Bullit, C., & Pérez, R. (1998). Patrones de distribución de clorofilas-a y producción primaria en aguas del Golfo de Mexico. *Hidrobiológica*, 8, 81-88.
- Silva, A., Mendez, C., Palma, S., & Brotas, S. (2008). Short time scale variation of phytoplankton succession in Lisbon Bay (Portugal) as revealed by microscopy cell count an HPLC pigment analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79, 230-238.
- Slándeck, V. (1973). System of water quality from the biological point of view. *Arch.Hydrobiology*(7), 1-218.
- Snelgrove, P. (2001). Diversity of marine species. In *Encyclopedia of ocean science* (pp. 748-757). San Diego, USA: Academic Press.
- Sournia, A., Chrdtiennot-Dinet, M., & Richard, M. (1991). Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? *Journal of plankton research*, 13, 1093-1099.
- Sunesen, I., Hernández-Becerril, D., & Sar, E. (2008). Marine diatoms from Buenos Aires coastal waters (Argentina). Species of the genus *Chaetoceros*. *Revista Biología Marina y Oceanografía* (43), 303-326.

- Supraha, L., Bosak, S., Ljubesic, Z., Olujic, G., & Horvat, L. (2010). The phytoplankton composition and spatial distribution in the north-eastern Adriatic Channel in autumn 2008. *Acta Adriatica*, 52, 29-44.
- Tait, V. (1987). *Elementos de Ecología*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Tellez, C., Marquez, G., & Arias, F. (1998). Fitoplancton y ecología pelágica en el archipiélago de San Andrés y Providencia. Crucero Oceano VI en el Caribe colombiano. *Boletín Científico CIOH* (8), 3-26.
- Tenebaum, D. (2006). Dinoflagelados e Tintinideos da região central da zona econômica exclusiva brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional.
- Tenebaum, D., Villac, M., Viana, S., Matos, M., Hatherly, M., Lima, I., & Menezes, M. (2004). *Phytoplankton Atlas of Sepetiba Bay* (1 ed., Vol. 16). Rio de Janeiro: Global Monograph series.
- Tigreros, P. (2001). Biodiversidad y valoración bioquímica del fitoplancton marino en ambientes costeros mesotróficos y oligotróficos tropicales, Caribe colombiano, Tesis (Biólogo Marino). Santa Marta: Facultad de Biología Marina UJTL.
- Tomas, C. (1997). *Identifying Marine Phytoplankton* (Vol. 3). Academic Press.
- Torres-Sierra, A. (2007). La comunidad fitoplanctónica presente en un evento de surgencia frente a la costa del Departamento del Magdalena, Caribe colombiano Tesis (Biólogo Marino). Santa Marta: Facultad de Biología Marina UJTL.
- UNESCO. (1978). *Phytoplankton manual: Monographs on oceanographic methodology*. UNESCO.
- UNESCO. (2010). *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis* (Vol. 55). Paris: UNESCO (IOC Manuals and Guides).
- Valiela, I. (1995). *Marine ecological processes* (2 ed.). Springer.
- Vásquez, D. (2006). Dinámica estructural de la comunidad fitoplanctónica de la Bahía de Cispatá asociada a la industria camaronera local Tesis (Biólogo). Santa Marta: Facultad de Biología Marina UJTL.
- Verdugo-Díaz, G., Martínez-López, L., & Gárate-Lizárraga, L. (2010). Indicadores ecológicos de la estructura de la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de Concepción, Golfo de California, México. *CICIMAR Oceanidades*, 25, 95-102.
- Verlencar, X., & Somshecar, D. (2004). *Phytoplankton Identification Manual*. National Institute of Oceanography.
- Vidal, L. (1981). Diatomeas y dinoflagelados en Islas del Rosario (Arrecife Coralino) y alrededores. *Boletín científico CIOH* (3).
- Vidal, L., Guillot, G., Sanchez, G., & Ciales, M. (2001). Composición del fitoplancton de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) Caribe colombiano. *IX Congreso Latinoamericano sobre ciencias del mar*, (pp. 16-20).
- Vidal, L., & Carbonell, M. (1977). Diatomeas y dinoflagelados en la Bahía de Cartagena, Tesis (Biólogo Marino). Santa Marta: Facultad de Biología Marina UJTL.
- Vidal, L., Guillot, G., Sánchez, G., & Ciales, M. (2001). Composición del fitoplancton de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) Caribe Colombiano, octubre 1999-julio 2000. *IX Congreso Latinoamericano sobre ciencias del mar*, (pp. 16-20).
- Vidal-Velásquez, L. (1995). Estudio del fitoplancton en el sistema lagunar estuarino tropical Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, durante el año 1987; Tesis (Maestro en Ciencias). Universidad Nacional de Colombia.

- Vinogradova, L. (1971). Variaciones estacionales del fitoplancton en el Golfo de Guinea. *Trudii Vses Gudrobiol.*, 117-159.
- Vivas-Aguas, L., Tosic, M., Sánchez, J., Narváez, S., Cadavid, P., Bautista, J., . . . Espinosa, L. (2010). Diagnóstico y evaluación de la Calidad Ambiental marina del Caribe y el Pacífico Colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia- REDCAM. Santa Marta: INVEMAR.
- Zambrano, J. (2008). Variaciones en composición y abundancia de las algas de la clase Bacillariophyceae en tres áreas de la Bahía de Cispatá, Caribe colombiano, con distintas características de actividad camaronera y salinidad. Tesis (Biólogo Marino). Bogotá: Facultad de Biología UJTL.

12. Anexos

Anexo 1. Laminas de especies encontradas en el presente estudio. A) *Chaetoceros curvisetus* Cleve 1889, B) *Chaetoceros peruvianus* Brightwell 1856, C) *Coscinodiscus granii* Gough 1905, D) *Bacteriastrium hyalinum* Lauder 1864, E) *Bacteriastrium delicatulum* Cleve 1897, F) *Ceratium tripos* Nitzsch 1817, G) *Ceratium trichoceros* Kofoed 1908, H) *Ceratium furca* Claparède & Lachmann 1859, I) *Ceratium teres* Kafoed 1907, J) *Ornithocercus magnificus* Stein 1883, K) *Anabaena* sp Saint-Vincent et al. 1886, L) *Dictyocha fibula* Ehrenberg 1839.



Anexo 2. Descripción de las estaciones marino-costera del Crucero Caribe 2011-1

Estación	Departamento	Lat	Lon	Prof. (m)	Característica de la estación
1	La Guajira	12°27'00"N	71°24'00"O	5 y 20	Estación ubicada en la alta Guajira, aguas oceánicas con poca influencia continental de descargas o ríos, altos niveles de surgencia.
2	La Guajira	12°35'60"N	71°24'00"O	5, 20, 50, 100 y 300	Estación ubicada en la alta Guajira, aguas oceánicas con poca influencia continental de descargas o ríos, altos niveles de surgencia.
3	La Guajira	12°27'0"N	71°47'60"O	5, 20 y 50	Estación ubicada en la alta Guajira, aguas oceánicas con poca influencia continental de descargas o ríos, altos niveles de surgencia.
4	La Guajira	11°48'00"N	73°12'00"O	5, 20, 50 y 100	Ubicada en el centro de la Guajira con alta influencia de descargas continentales por parte del Río Ranchería y surgencia alta.
5	La Guajira	11°35'60"N	73°12'00"O	5, 20 y 50	Ubicada en el centro de la Guajira con alta influencia de descargas continentales por parte del Río Ranchería y surgencia alta esta mas alejada de la costa que la estación 4.
6	Magdalena	11°11'60"N	74°47'60"O	5, 20, 50 y 100	Ubicada en cercanías del delta del Río Magdalena, este aporta grandes cantidades de nutrientes, sedimentos, contaminantes a esta zona, procesos de mezcla de aguas continentales y marinas.
7	Atlántico	11°11'60"N	75° 0'00"O	5, 20, 50 y 100	Ubicada en cercanías del delta del Río Magdalena, este aporta grandes cantidades de nutrientes, sedimentos, contaminantes a esta zona, procesos de mezcla de aguas continentales y marinas.
8	Bolívar	10°24'00"N	75°47'60"O	5, 20, 50 y 100	Estación caracterizada por aguas marinas, posiblemente influenciada por las descargas del Canal del Dique.
9	Bolívar	10° 0'00"N	75°45'00"O	5, 20 y 50	Estación caracterizada por aguas marinas, posiblemente algo influenciada por las descargas del Canal del Dique.
10	Bolívar	10°15'00"N	75°47'60"O	5, 20, 50, 100 y 300	Estación ubicada en la cercanías de las Islas del Rosario, se consideran aguas marinas, podría tener influencia del Canal del Dique.
11	Sucre	10° 0'00"N	76° 0'00"O	5, 20, 50 y 100	Estación a una amplia distancia de la costa, se caracteriza por sus aguas oceánicas.
12	Sucre	10° 0'00"N	76°12'00"O	5, 20, 50, 160 y 300	Estación a una amplia distancia de la costa, se caracteriza por sus aguas oceánicas y con mayor profundidad en el presente trabajo.
13	Antioquia	8°50'60"N	76°35'60"O	5 y 20	Estación Ubicada frente de San Juan de Urabá, posiblemente influenciada por los vertimientos del municipio.
14	Antioquia	8°48'00"N	76°47'60"O	5 y 20	Estación frente al Río mulatos, posiblemente influenciado por las descargas continentales.
15	Antioquia	8°48'00"N	77° 0'00"O	5 y 20	Estación con aguas oceánicas claras.
16	Antioquia	76°50'60"O	8°24'00"N	5 y 20	Estación ubicada al frente Necoclí en el Golfo de Urabá, puede estar influenciado por los vertimientos del municipio y por el Río Atrato.
17	Antioquia	8°11'60"N	76°50'60"O	5 y 20	Estación ubicada en las cercanías del Municipio de Turbo, hay grandes aportes de sedimentos y nutrientes por parte del Río Atrato.
18	Antioquia	8°48'00"N	77°12'00"O	5 y 20	Estación con aguas oceánicas claras.
19	Antioquia	8°35'60"N	77°12'00"O	5 y 20	Estación ubicada en la Boca del Golfo de Urabá, en las cercanías de Acandí, puede estar influencia en menor manera por las descargas continentales que las estaciones 16, 17, 18.

Anexo 3. Curvas de acumulación de especies en las estaciones a 5 m de profundidad, se utilizó Jackknife como estimador del numero de especies esperados. (E) indica la estación y (P) la profundidad.

Gráfico acumulación E1-P5

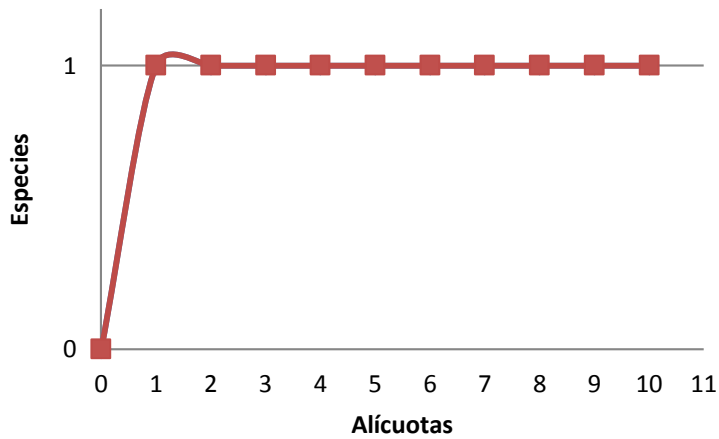


Gráfico acumulación E2-P5

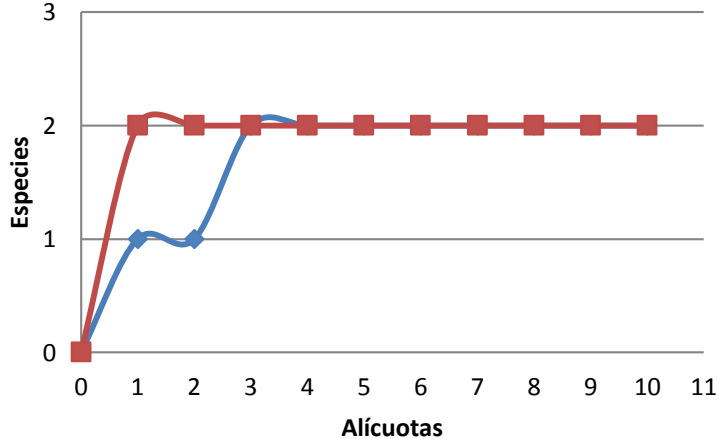
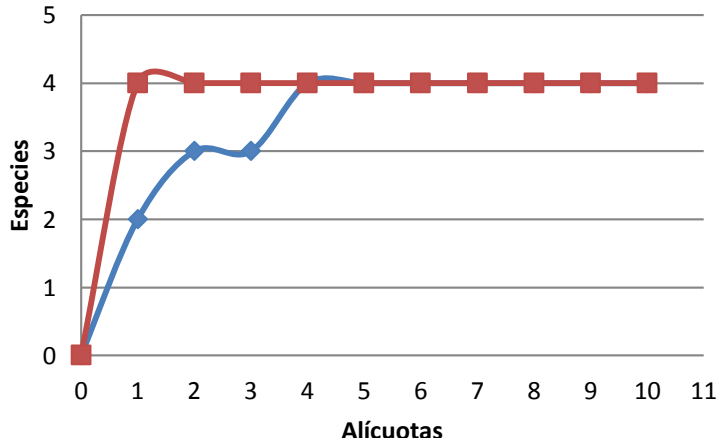


Gráfico acumulación E3-P5



Continuación Anexo 3. Curvas de acumulación de especies en las estaciones a 5 m de profundidad, se utilizó Jackknife como estimador del numero de especies esperados. (E) indica la estación y (P) la profundidad.

Gráfico acumulación E4-P5

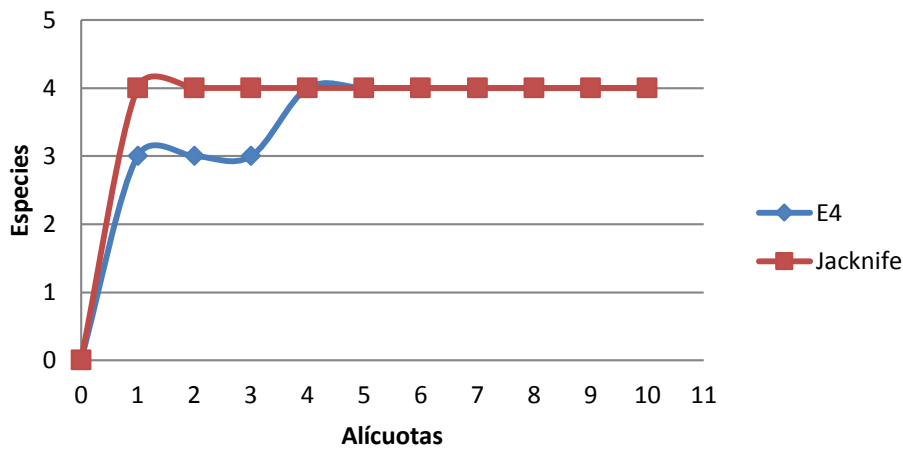


Gráfico acumulación E5-P5

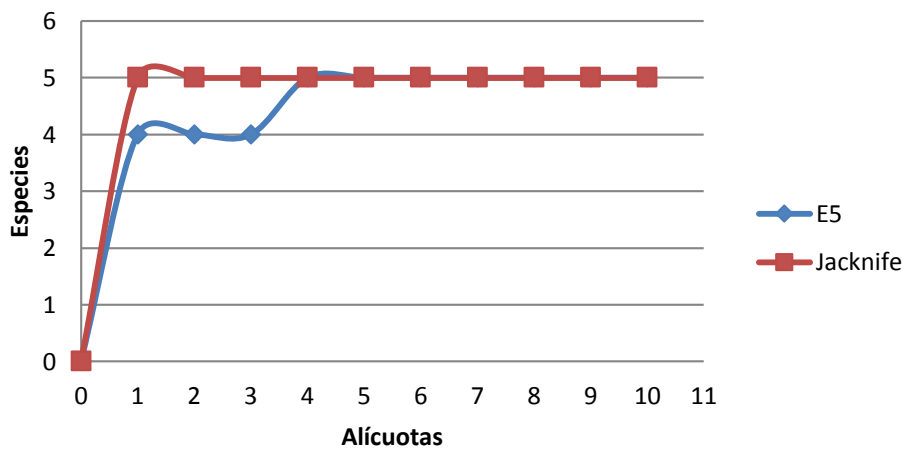
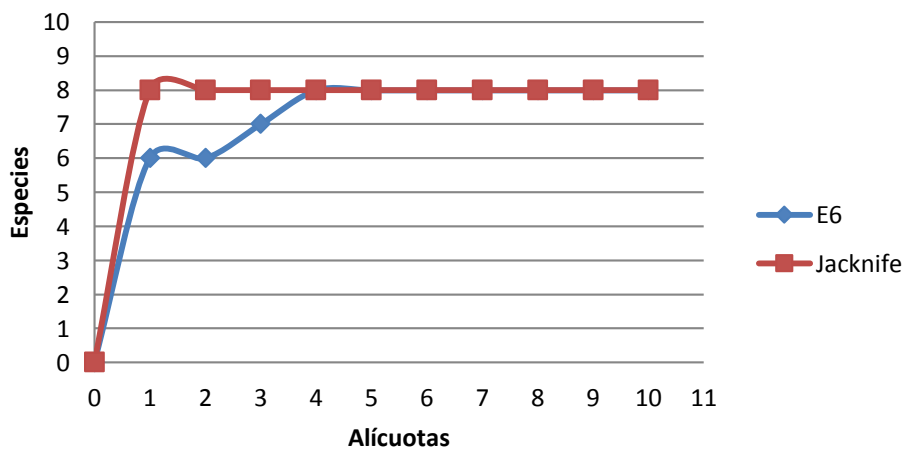


Gráfico acumulación E6-P5



Continuacion Anexo 3. Curvas de acumulación de especies en las estaciones a 5 m de profundidad, se utilizó Jackknife como estimador del numero de especies esperados. (E) indica la estación y (P) la profundidad.

Gráfico acumulación E7-P5

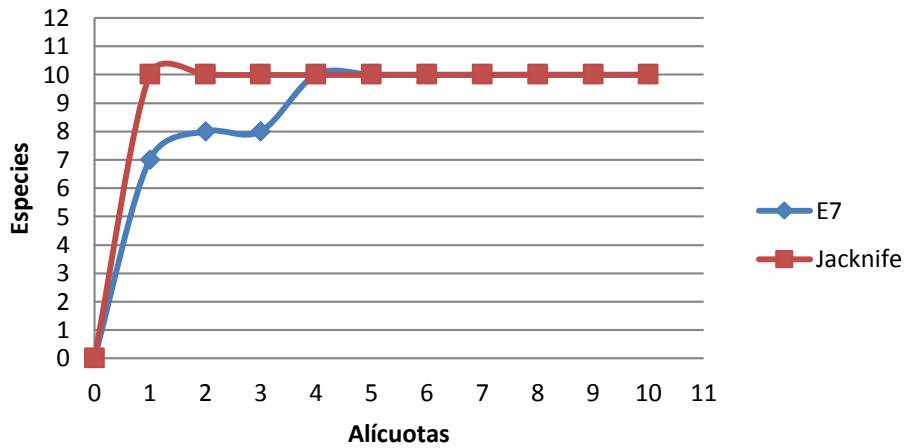


Gráfico acumulación E8-P5

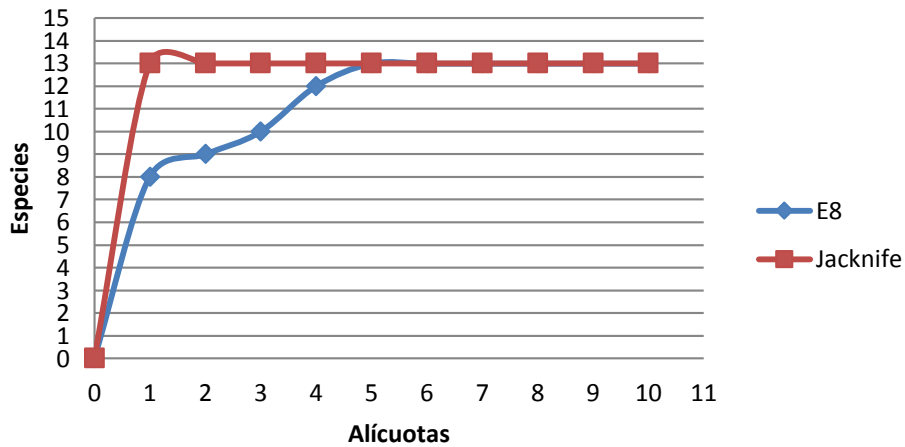
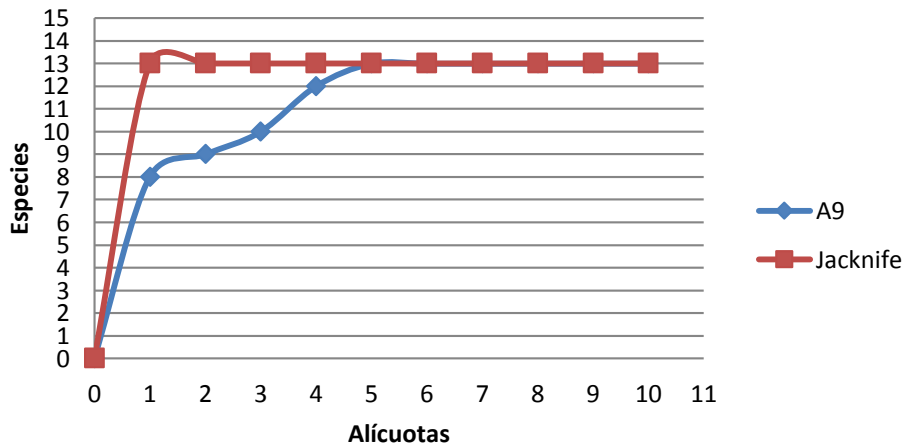


Gráfico acumulación E9-P5



Continuación Anexo 3. Curvas de acumulación de especies en las estaciones a 5 m de profundidad, se utilizó Jackknife como estimador del numero de especies esperados. (E) indica la estación y (P) la profundidad.

Gráfico acumulación E10-P5

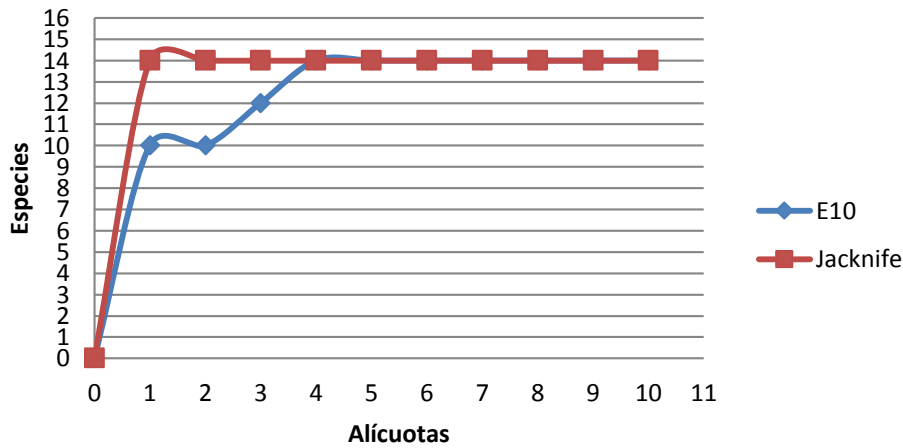


Gráfico acumulación E11-P5

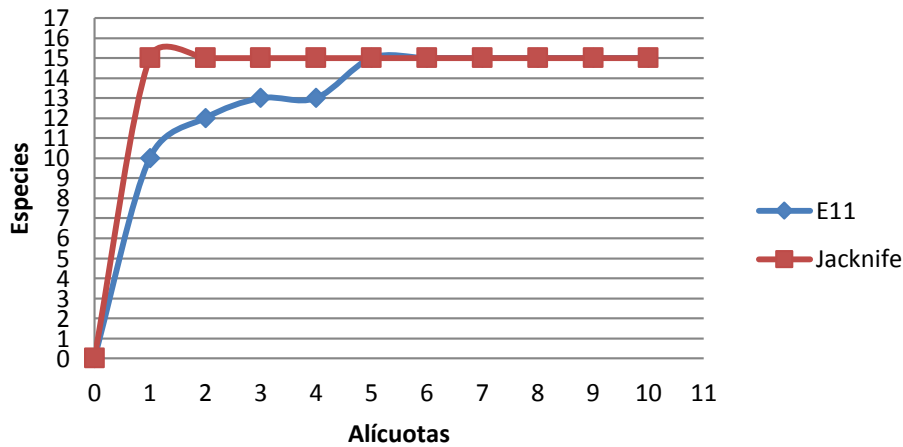
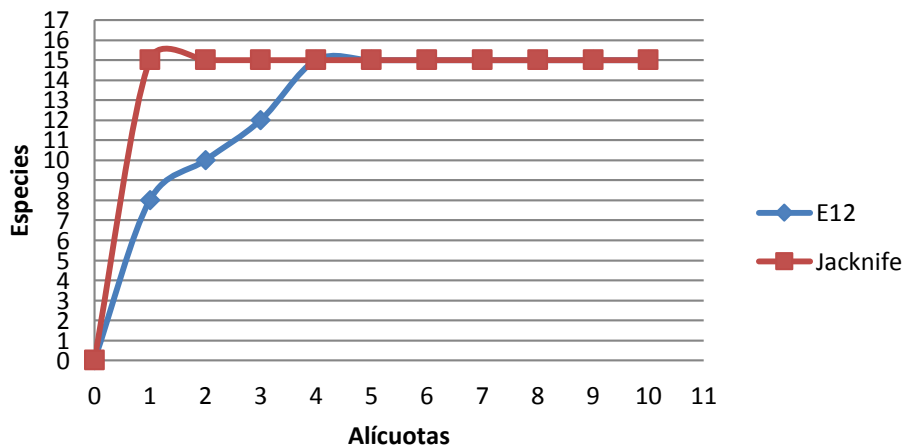


Gráfico acumulación E12-P5



Continuación Anexo 3. Curvas de acumulación de especies en las estaciones a 5 m de profundidad, se utilizó Jackknife como estimador del numero de especies esperados. (E) indica la estación y (P) la profundidad.

Gráfico acumulación E13-P5

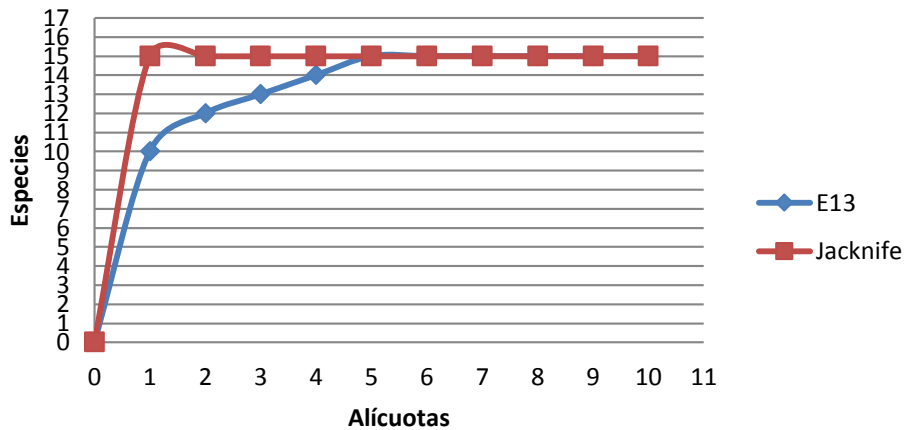


Gráfico acumulación E14-P5

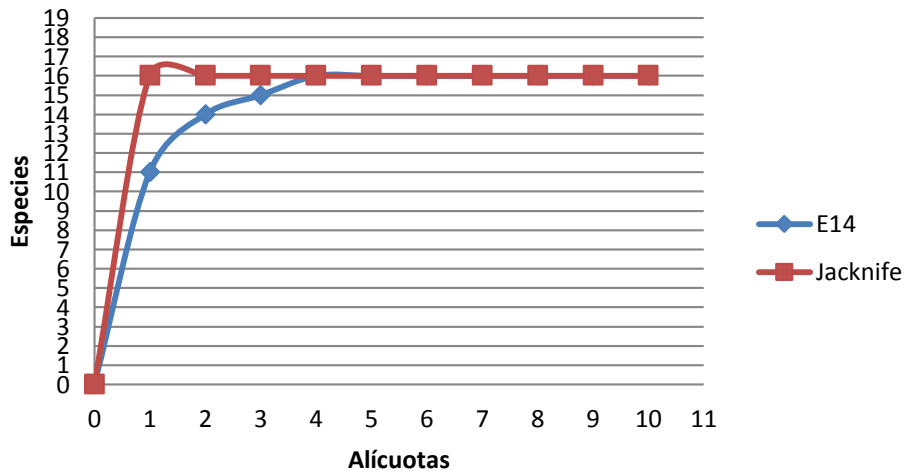
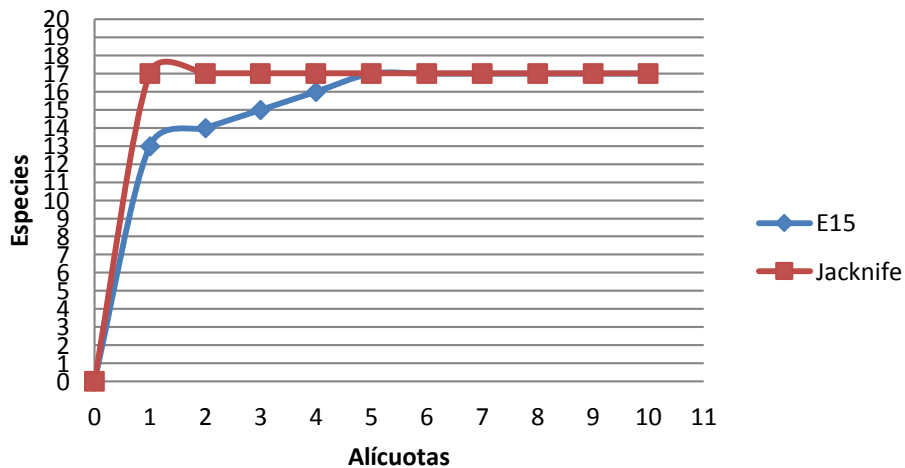


Gráfico acumulación E15-P5



Continuación Anexo 3. Curvas de acumulación de especies en las estaciones a 5 m de profundidad, se utilizó Jackknife como estimador del numero de especies esperados. (E) indica la estación y (P) la profundidad.

Gráfico acumulación E16-P5

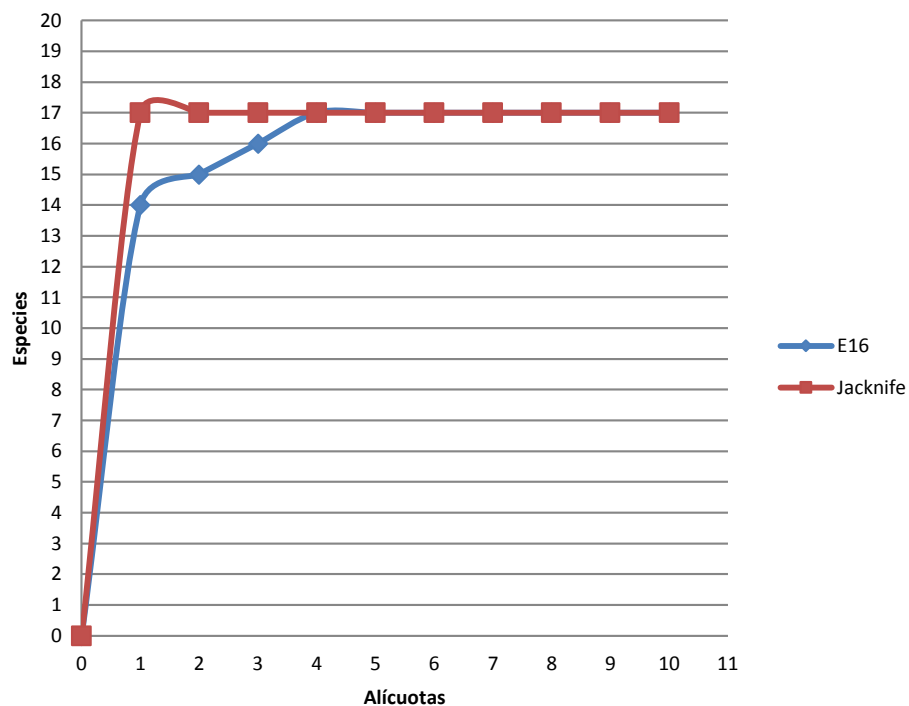
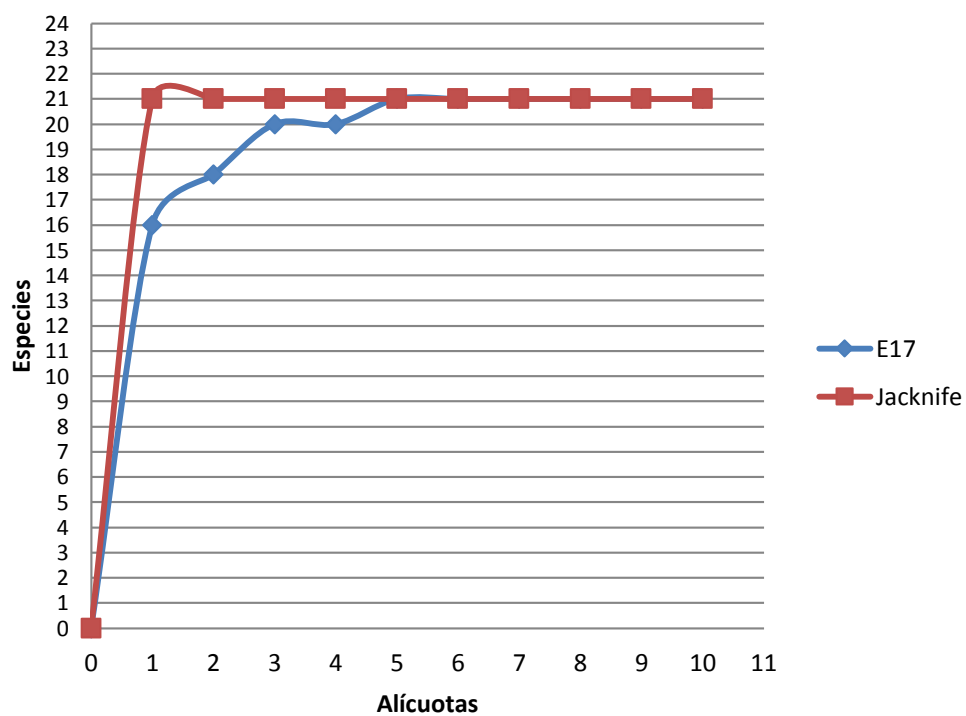


Gráfico acumulación E17-P5



Continuación Anexo 3. Curvas de acumulación de especies en las estaciones a 5 m de profundidad, se utilizó Jackknife como estimador del numero de especies esperados. (E) indica la estación y (P) la profundidad.

Gráfico acumulación E18-P5

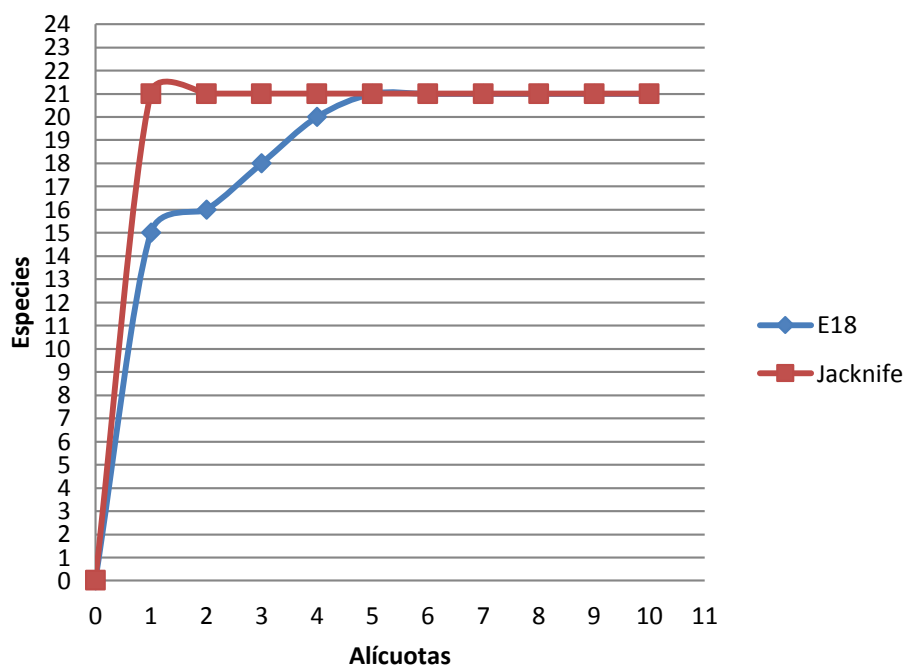
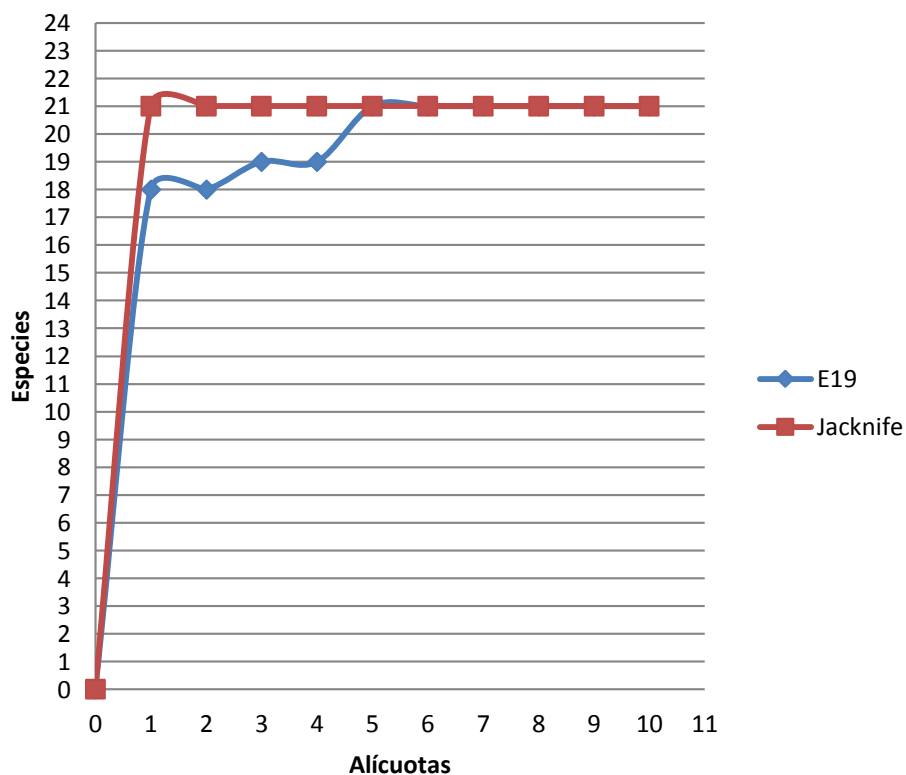


Gráfico acumulación E19-P5



Anexo 4. Lista de taxa fitoplanctonicos identificados en las estaciones de muestreo indicando densidad celular Cel/L.

Grupo	Especies	E1,P5	E1,P20	E2,P5	E2,P20	E2,P50	E2,P100	E2,P300	E3,P5	E3,P20	E4,P5	E4,P20	E4,P50	E4,P100	E5,P5	E5,P20	E5,P50	E6,P5	E6,P20	E6,P50	E6,P100
Diatomeas Centrales	<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Asteromphalus</i> sp Ehrenberg 1844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Bacteriastrum furcatum</i> Shadbolt 1854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0	383	67	200	0
	<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	133	0	0
	<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1333	800	300	0	0	0	0	3333	2483	1067	100
	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	0	0	0	0	0	0	533	0	0	0
	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0
	<i>Chaetoceros</i> sp. Ehrenberg, 1844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey 1854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	17	0
	<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0
	<i>Cylindrotheca</i> sp. Reimann et Lewin 1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Corethron</i> sp. Castracane 1886	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg 1811	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg 1840	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle 1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	333	83	0
	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow in van Heurck 1882	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0
	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve 1873	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Hemiaulus indicus</i> Karsten 1907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Lauderia</i> sp. Cleve 1873	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	317	0	0	0	0	0	583	417	83	0
	<i>Leptocylindrus</i> Cleve 1889	1417	0	2000	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Melosira varians</i> Agardh 1827	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Melosira moniliformis</i> (Müller) Agardh 1783	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Odontella sinensis</i> (Greville) Grunow 1884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pseudosolenia</i> sp. Subström 1986	0	0	67	0	0	0	0	0	33	0	17	0	0	0	0	0	50	17	17	33
	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	267	0
	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve 1878	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0	50	83	300	50
	<i>Thalassiosira</i> sp. Cleve 1873	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Anexo 4. Lista de taxa fitoplanctonicos identificados en las estaciones de muestreo indicando densidad celular Cel/L.

Grupo	Especies	E1,P5	E1,P20	E2,P5	E2,P20	E2,P50	E2,P100	E2,P300	E3,P5	E3,P20	E4,P5	E4,P20	E4,P50	E4,P100	E5,P5	E5,P20	E5,P50	E6,P5	E6,P20	E6,P50	E6,P100
Diatomeas Pennadas	<i>Asterionellopsis glacialis</i> Round et al. 1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Fragilariopsis</i> sp.Hustedt 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Navicula directa</i> (Smith) in Pritchard 1861	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pleurosigma directum</i> Grunow & Cleve 1880	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0
	<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	50	0	0	0	0	0	400	100	0	0
	<i>Thalassionema javanicum</i> (Grunow) G.R.Hasle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	100	150	200	0
	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow in Hustedt 1932	50	0	133	0	0	0	0	0	0	83	0	0	0	0	0	0	0	183	83	0
	<i>Thalassionema pseudonitzschioides</i> Hasle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinoflagelados	<i>Alexandrium</i> sp Halim 1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium concilians</i> Jørgensen 1920	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium contortum</i> Cleve 1900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0	17	0	0	0
	<i>Ceratium furca</i> Claparède & Lachmann 1859	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium fusus</i> Dujardin 1841	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium hircus</i> Schröder 1909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium inflatum</i> Jørgensen 1911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium lineatum</i> Cleve 1899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium teres</i> Kafoid 1907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium symmetricum</i> Pavillard 1905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium trichoceros</i> Kofoid 1908	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium tripos</i> Nitzsch 1817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	0	17	17
	<i>Gonyaulax</i> sp. Diesing 1866	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0
	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Oxyphysis</i> sp. Kofoid 1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Phalacroma argus</i> Stein 1883	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Podolampas</i> sp. Stein 1883	0	0	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	17	0	0
	<i>Prorocentrum balticum</i> Loeblich 1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Prorocentrum lima</i> Stein 1878	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cianobacterias	<i>Anabaena</i> sp. Saint-Vincent et al. 1886	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1567	417	833	50
	<i>Oscillatoria</i> sp. Gomont, 1892	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenófitas	<i>Euglena</i> sp. Ehrenberg 1830	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	50	0	0
Silicoflagelados	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	83	283	150	0

Continuación Anexo 4. Lista de taxa fitoplanctonicos identificados en las estaciones de muestreo indicando densidad celular Cel/L.

Grupo	Especies	E7,P5	E7,P20	E7,P50	E7,P100	E8,P5	E8,P20	E8,P50	E8,P100	E9,P5	E9,P20	E9,P50	E9,P100	E9,P300	E10,P5	E10,P20	E10,P50	E11,P5	E11,P20	E11,P50	E11,P100
Diatomeas Centrales	<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158	0	0	0	0	0	0
	<i>Asteromphalus</i> sp Ehrenberg 1844	0	0	0	0	0	83	0	0	467	50	0	0	0	25	0	0	25	25	0	0
	<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
	<i>Bacteriastrum furcatum</i> Shadbolt 1854	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	100	17	0	0
	<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	83	0	33	0	750	0	0	0	283	250	0	0	0	292	83	0	433	425	8	0
	<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	583	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	83	0	33	0	17	33	83	0	983	0	0	0	0	8	0	0	250	183	0	0
	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
	<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	742	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros</i> sp. Ehrenberg, 1844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey 1854	0	0	0	0	17	0	0	0	233	83	0	0	0	133	17	0	108	75	17	0
	<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Cylindrotheca</i> sp. Reimann et Lewin 1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Corethron</i> sp. Castracane 1886	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg 1811	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	0	0	0	17	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg 1840	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle 1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow in van Heurck 1882	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve 1873	0	0	83	0	0	0	0	0	17	150	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
	<i>Hemiaulus indicus</i> Karsten 1907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Lauderia</i> sp. Cleve 1873	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0
	<i>Leptocylindrus</i> Cleve 1889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Melosira varians</i> Agardh 1827	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Melosira moniliformis</i> (Müller) Agardh 1783	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Odontella sinensis</i> (Greville) Grunow 1884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pseudosolenia</i> sp. Subström 1986	0	17	0	0	17	0	0	0	33	17	0	0	0	125	150	0	8	8	0	0
	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858	0	83	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	158	0	0	0	0	0	0
	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve 1878	17	0	33	0	117	117	33	0	33	33	0	0	0	8	0	0	17	0	0	0
	<i>Thalassiosira</i> sp. Cleve 1873	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Anexo 4. Lista de taxa fitoplanctonicos identificados en las estaciones de muestreo indicando densidad celular Cel/L.

Grupo	Especies	E7,P5	E7,P20	E7,P50	E7,P100	E8,P5	E8,P20	E8,P50	E8,P100	E9,P5	E9,P20	E9,P50	E9,P100	E9,P300	E10,P5	E10,P20	E10,P50	E11,P5	E11,P20	E11,P50	E11,P100
Diatomeas Pennadas	<i>Asterionellapsis glacialis</i> Round et al. 1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Fragilariopsis</i> sp. Hustedt 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Navicula directa</i> (Smith) in Pritchard 1861	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Pleurosigma directum</i> Grunow & Cleve 1880	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	8	0	0	0	0	0
	<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955	0	50	0	0	50	17	33	0	33	17	0	0	0	417	0	0	17	0	0	0
	<i>Thalassionema javanicum</i> (Grunow) G.R.Hasle	0	33	0	0	217	167	0	0	117	150	67	0	0	42	0	0	58	0	25	0
	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow in Hustedt 1932	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Thalassionema pseudonitzschioides</i> Hasle	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinoflagelados	<i>Alexandrium</i> sp. Halim 1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium concilians</i> Jørgensen 1920	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium contortum</i> Cleve 1900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
	<i>Ceratium furca</i> Claparède & Lachmann 1859	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium fusus</i> Dujardin 1841	0	17	17	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium hircus</i> Schröder 1909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium inflatum</i> Jørgensen 1911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium lineatum</i> Cleve 1899	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium teres</i> kaoid 1907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium symmetricum</i> Pavillard 1905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
	<i>Ceratium trichoceros</i> Kofoed 1908	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium tripos</i> Nitzsch 1817	33	17	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	83	0	0	8	8	0	0
	<i>Gonyaulax</i> sp. Diesing 1866	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	0	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Oxyphysis</i> sp. Kofoed 1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Phalacroma argus</i> Stein 1883	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Podolampas</i> sp. Stein 1883	0	0	17	17	33	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0
	<i>Prorocentrum balticum</i> Loeblich 1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Prorocentrum lima</i> Stein 1878	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
Cianobacterias	<i>Anabaena</i> sp. Saint-Vincent et al. 1886	0	17	33	0	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Oscillatoria</i> sp. Gomont, 1892	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Euglenófitas	<i>Euglena</i> sp. Ehrenberg 1830	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Silicoflagelados	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Anexo 4. Lista de taxa fitoplanctonicos identificados en las estaciones de muestreo indicando densidad celular Cel/L.

Grupo	Especies	E12,P5	E12,P20	E12,P50	E12,P100	E12,P300	E13,P5	E13,P20	E14,P5	E14,P20	E15,P5	E15,P20	E16,P5	E16,P20	E17,P5	E17,P20	E18,P5	E18,P20	E18,P50	E19,P5	E19,P20
Diatomeas Centrales	<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg 1844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Asteromphalus</i> sp. Ehrenberg 1844	58	0	0	0	0	33	0	25	0	75	0	25	0	0	0	67	8	0	8	17
	<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve 1897	8	0	0	0	0	8	0	8	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Bacteriastrum furcatum</i> Shadbolt 1854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	25	0	0	0	8	0	0	8	0
	<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	583	83	17	0	0	542	150	442	50	742	33	42	8	0	0	517	192	0	150	50
	<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	575	0	0	0	0	208	92	100	108	717	42	158	17	75	25	325	117	17	325	8
	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	0	0	0
	<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
	<i>Chaetoceros</i> sp. Ehrenberg, 1844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0
	<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey 1854	183	0	0	0	0	8	8	17	17	33	17	8	8	0	0	67	8	0	8	0
	<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Cylindrotheca</i> sp Reimann et Lewin 1964	0	0	0	0	0	0	17	8	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Corethron</i> sp Castracane 1886	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	17	0
	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg 1811	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg 1840	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle 1997	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle 1996	50	0	0	0	0	0	0	8	0	0	17	0	0	0	0	0	0	17	17	0
	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow in van Heurck 1882	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	25	67	0	0	0
	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve 1873	25	0	0	0	0	0	17	67	8	0	0	0	8	0	0	17	8	0	0	0
	<i>Hemiaulus indicus</i> Karsten 1907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Lauderia</i> sp Cleve 1873	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	50	125	158	50	0	0	0	0	0
	<i>Leptocylindrus</i> Cleve 1889	0	0	0	0	0	0	0	0	625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Melosira varians</i> Agardh 1827	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Melosira moniliformis</i> (Müller) Agardh 1783	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
	<i>Odontella sinensis</i> (Greville) Grunow 1884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	8	0
	<i>Pseudosolenia</i> sp. Subström 1986	8	0	0	0	0	0	17	8	0	8	0	8	0	17	8	25	0	8	0	17
	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell 1858	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	17	0	0	0	0
	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve 1878	17	0	0	0	0	42	242	175	50	92	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Thalassiosira</i> sp. Cleve 1873	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Continuación Anexo 4. Lista de taxa fitoplanctonicos identificados en las estaciones de muestreo indicando densidad celular Cel/L.

Grupo	Especies	E12,P5	E12,P20	E12,P50	E12,P100	E12,P300	E13,P5	E13,P20	E14,P5	E14,P20	E15,P5	E15,P20	E16,P5	E16,P20	E17,P5	E17,P20	E18,P5	E18,P20	E18,P50	E19,P5	E19,P20
Diatomeas Pennadas	<i>Asterionellopsis glacialis</i> Round et al. 1990	8	0	0	0	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8
	<i>Fragilariopsis</i> sp. Hustedt 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	8	17	0	0	0
	<i>Navicula directa</i> (Smith) in Pritchard 1861	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pleurosigma directum</i> Grunow & Cleve 1880	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe 1955	25	0	0	0	0	17	0	0	8	0	17	42	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Thalassionema javanicum</i> (Grunow) G.R. Hasle	83	0	42	0	0	292	342	358	142	200	75	17	0	17	25	458	125	25	208	50
	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow in Hustedt 1932	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Thalassionema pseudonitzschioides</i> Hasle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Alexandrium</i> sp. Halim 1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	667	0	458	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium concilians</i> Jørgensen 1920	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	<i>Ceratium contortum</i> Cleve 1900	8	0	0	0	0	17	17	92	8	8	0	8	0	0	0	8	0	0	0	8
	<i>Ceratium furca</i> Claparède & Lachmann 1859	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	<i>Ceratium fusus</i> Dujardin 1841	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinoflagelados	<i>Ceratium hircus</i> Schröder 1909	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium inflatum</i> Jørgensen 1911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	33	0	8	8	8
	<i>Ceratium lineatum</i> Cleve 1899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
	<i>Ceratium teres</i> Kafoid 1907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium symmetricum</i> Pavillard 1905	17	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium trichoceros</i> Kofoid 1908	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratium tripos</i> Nitzsch 1817	17	0	0	0	0	25	0	0	0	25	0	0	8	17	0	17	8	0	17	0
	<i>Gonyaulax</i> sp. Diesing 1866	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Oxyphysis</i> sp. Kofoid 1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
	<i>Phalacroma argus</i> Stein 1883	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Podolampas</i> sp. Stein 1883	8	0	8	0	0	0	17	8	8	17	17	25	8	42	17	17	0	0	25	0
	<i>Prorocentrum balticum</i> Loeblich 1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Prorocentrum lima</i> Stein 1878	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cianobacterias	<i>Anabaena</i> sp. Saint-Vincent et al. 1886	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Oscillatoria</i> sp. Gomont, 1892	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Euglenófitas	<i>Euglena</i> sp. Ehrenberg 1830	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Silicoflagelados	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0